

Robert R. Brauer

Akzeptanz kooperativer Roboter im industriellen Kontext



Robert R. Brauer

**Akzeptanz kooperativer Roboter im industriellen  
Kontext**



TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
CHEMNITZ

**Universitätsverlag Chemnitz  
2017**

## **Impressum**

### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Angaben sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Satz/Layout: Robert R. Brauer

Technische Universität Chemnitz/Universitätsbibliothek  
**Universitätsverlag Chemnitz**  
09107 Chemnitz  
<http://www.tu-chemnitz.de/ub/univerlag>

readbox unipress  
in der readbox publishing GmbH  
Am Hawerkamp 31  
48155 Münster  
<http://unipress.readbox.net>

ISBN 978-3-96100-031-9

<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:ch1-qucosa-228852>



Technische Universität  
Chemnitz



Hochschule für Technik,  
Wirtschaft und Kultur  
Leipzig

Fakultät für Human- und  
Sozialwissenschaften

Fakultät Architektur und  
Sozialwissenschaften

# Akzeptanz kooperativer Roboter im industriellen Kontext

## Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades  
doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)

vorgelegt der

Fakultät für Human- und Sozialwissenschaften  
der Technischen Universität Chemnitz

von

Dipl.-Psych. Robert R. Brauer  
geboren am 30.05.1988 in Torgau

Tag der Einreichung: 02.01.2017

Tag der Verteidigung: 07.07.2017



**Inhaltsverzeichnis**

**Tabellenverzeichnis**

**Abbildungsverzeichnis**

**Danksagung**

<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>17</b>
<b>1 Einleitung in die Thematik .....</b>	<b>21</b>
<i>1.1 Besonderheiten des Untersuchungsfeldes bezüglich Akzeptanz.....</i>	<i>23</i>
<i>1.2 Situationsbeschreibung.....</i>	<i>24</i>
<i>1.3 Beschreibung des kooperativen Roboters für den Anwendungsfall.....</i>	<i>25</i>
<b>2 Theoretischer Hintergrund .....</b>	<b>27</b>
<b>2.1 Kooperative Roboter.....</b>	<b>27</b>
<b>2.1.1 Einordnung kooperativer Roboter in die Klassifikation von Technik.....</b>	<b>28</b>
<b>2.1.2 Arten der kooperativen Zusammenarbeit.....</b>	<b>28</b>
<b>2.1.3 Ziele für den Einsatz kooperativer Roboter.....</b>	<b>31</b>
<b>2.1.4 Gestaltung und Einführung kooperativer Roboter.....</b>	<b>32</b>
<b>2.1.5 Kooperative Roboter als quasi-soziale Interaktionspartner.....</b>	<b>35</b>
<b>2.2 Akzeptanz.....</b>	<b>36</b>
<b>2.2.1 Einstellung und Verhalten als Komponenten der Akzeptanz.....</b>	<b>38</b>
<b>2.2.2 Abgrenzung zu verwandten Begriffen und Kritik.....</b>	<b>39</b>
<b>2.2.3 Kritik an den Zielen der anwendungsorientierten Akzeptanzforschung.....</b>	<b>40</b>
<b>2.3 Akzeptanzmodell: „Unified Theory of Acceptance and Use of Technology“     (UTAUT) .....</b>	<b>40</b>
<b>2.3.1 Einflussfaktoren auf die UTAUT.....</b>	<b>43</b>
<b>2.3.1.1 Alter.....</b>	<b>43</b>
<b>2.3.1.2 Geschlecht und Geschlechtsrolle.....</b>	<b>45</b>
<b>2.3.1.3 Erfahrung.....</b>	<b>46</b>
<b>2.3.1.4 Affektive Variablen: Vertrauen, Reaktanz.....</b>	<b>47</b>
<b>2.3.2 Ausgangsmodelle.....</b>	<b>49</b>
<b>2.3.3 Parallel zur UTAUT weiterentwickelte Technikakzeptanzmodelle:         TAM 2, TAM 3 und UTAUT 2.....</b>	<b>54</b>
<b>2.3.4 Kritik an der UTAUT.....</b>	<b>56</b>
<b>2.3.5 Anpassungsfähigkeit der UTAUT auf Technik und Situation.....</b>	<b>57</b>
<b>2.3.6 Ableitung einer Intervention.....</b>	<b>58</b>
<b>2.4 Zusammenfassung des theoretischen Hintergrundes .....</b>	<b>59</b>
<b>2.5 Entwicklung des Untersuchungsansatzes und der Forschungsfragen .....</b>	<b>61</b>
<b>2.5.1 Zielstellung.....</b>	<b>61</b>
<b>2.5.2 Untersuchungsmodell.....</b>	<b>62</b>
<b>2.5.3 Offene Fragestellungen.....</b>	<b>64</b>

<b>3 Studien</b> .....	<b>67</b>
<b>3.1 Studie 1: Modellbildung (MB)</b> .....	<b>67</b>
<b>3.1.1 Hintergrund und Hypothesen.</b> .....	<b>67</b>
<b>3.1.2 Methodik.</b> .....	<b>68</b>
<b>3.1.2.1 Stichprobe.</b> .....	<b>68</b>
<b>3.1.2.2 Prozedur.</b> .....	<b>68</b>
<b>3.1.2.3 Messinstrumente.</b> .....	<b>69</b>
<i>3.1.2.3.1 Übersicht der verwendeten Messinstrumente in Studie 1 (MB).</i> .....	<b>71</b>
<i>3.1.2.3.2 Faktorenanalyse für die UTAUT-Variablen.</i> .....	<b>71</b>
<b>3.1.3 Ergebnisse zur Modellbildung: Kontext der Mensch-Roboter-Kooperation in der Automobilmontage.</b> .....	<b>73</b>
<b>3.1.3.1 Modelltestung: Lässt sich das Akzeptanzmodell der UTAUT auf Mensch-Roboter-Kooperationen im Produktionskontext übertragen?.....</b>	<b>73</b>
<b>3.1.3.2 Modellerweiterung: Haben affektive Variablen und Persönlichkeitsmerkmale einen Einfluss auf die Akzeptanz – am Beispiel der Mensch-Roboter-Kooperation in der Automobilproduktion?.....</b>	<b>74</b>
<i>3.1.3.2.1 Haben die affektiven Variablen Vertrauen und Reaktanz einen Einfluss auf die UTAUT?</i> .....	<b>74</b>
<i>3.1.3.2.2 Hat die Geschlechtsrolle als Persönlichkeitsmerkmal einen Einfluss auf die UTAUT?</i> .....	<b>76</b>
<b>3.1.3.3 Darbietungsform.</b> .....	<b>77</b>
<b>3.1.4 Diskussion.</b> .....	<b>79</b>
<b>3.1.4.1 Modelltestung.</b> .....	<b>79</b>
<b>3.1.4.2 Modellerweiterung.</b> .....	<b>80</b>
<b>3.1.4.3 Darbietungsform.</b> .....	<b>81</b>
<b>3.1.4.4 Kritische Einschätzung und Ausblick.</b> .....	<b>81</b>
<b>3.2 Studie 2: Modellübertragung (MÜ)</b> .....	<b>82</b>
<b>3.2.1 Hintergrund und Hypothesen.</b> .....	<b>82</b>
<b>3.2.2 Methodik.</b> .....	<b>83</b>
<b>3.2.2.1 Stichprobe.</b> .....	<b>83</b>
<b>3.2.2.2 Prozedur.</b> .....	<b>84</b>
<b>3.2.2.3 Messinstrumente.</b> .....	<b>85</b>
<b>3.2.3 Ergebnisse zur Modellübertragung: Welche Rolle spielt das Ausmaß der Betroffenheit von Mensch-Roboter-Kooperationen für die Ausprägung der Akzeptanz?</b> .....	<b>86</b>
<b>3.2.3.1 Unterschiede zwischen wenig und stark von der Einführung kooperativer Roboter Betroffener.</b> .....	<b>86</b>
<b>3.2.3.2 Gesamtmodell für die Praxisstichprobe.</b> .....	<b>87</b>
<b>3.2.3.3 Affektive Variablen in der Praxisstichprobe.</b> .....	<b>88</b>
<b>3.2.3.4 Geschlechtsrolle in der Praxisstichprobe.</b> .....	<b>89</b>
<b>3.2.3.5 Darbietungsform.</b> .....	<b>90</b>
<b>3.2.4 Diskussion.</b> .....	<b>92</b>
<b>3.2.4.1 Modellübertragung.</b> .....	<b>92</b>
<b>3.2.4.2 Darbietungsform.</b> .....	<b>94</b>
<b>3.2.4.3 Kritische Einschätzung und Ausblick.</b> .....	<b>95</b>

<b>3.3 Studie 3: Der Einfluss der Erfahrung (FL)</b> .....	96
<b>3.3.1 Hintergrund und Hypothesen.</b> .....	96
<b>3.3.2 Methodik.</b> .....	96
3.3.2.1 Stichprobe. ....	96
3.3.2.2 Prozedur. ....	97
3.3.2.3 Messinstrumente. ....	97
<b>3.3.3 Ergebnisse zum Erfahrungsgrad: Unterscheidet sich die Akzeptanz gegenüber kooperativen Robotern abhängig vom Erfahrungsgrad?</b> .....	98
<b>3.3.4 Diskussion.</b> .....	101
3.3.4.1 Der Einfluss der Erfahrung. ....	101
3.3.4.2 Kritische Einschätzung und Ausblick. ....	102
<b>3.4 Studie 4: Informationskonzept (IK)</b> .....	103
<b>3.4.1 Hintergrund und Hypothesen.</b> .....	103
<b>3.4.2 Pilotstudie Experteninterview (EI).</b> .....	104
3.4.2.1 Stichprobe der Pilotstudie. ....	104
3.4.2.2 Prozedur der Pilotstudie. ....	104
3.4.2.3 Messinstrumente der Pilotstudie. ....	104
3.4.2.4 Ergebnisse der Pilotstudie. ....	105
<b>3.4.3 Methodik.</b> .....	106
3.4.3.1 Stichprobe. ....	106
3.4.3.2 Prozedur. ....	106
3.4.3.3 Messinstrumente. ....	107
<b>3.4.4 Ergebnisse.</b> .....	108
3.4.4.1 Unterscheidet sich die Akzeptanz vor und nach der Nutzung von kooperativen Unterstützungssystemen? .....	108
3.4.4.2 Modellerweiterung: Hat die Akzeptanz einen Einfluss auf die Arbeitsqualität? .....	109
3.4.4.3 Modellanwendung auf praktische Fragestellung: Ist ein auf der UTAUT fußendes Informationskonzept für kooperative Roboter wirksam? .....	111
3.4.4.4 Verallgemeinerung: Lassen sich die Ergebnisse auf andere Mensch-Technik-Kooperationen im Produktionsprozess übertragen? ...	113
<b>3.4.5 Diskussion.</b> .....	115
3.4.5.1 Modellanwendung in der Praxis. ....	115
3.4.5.2 Kritische Einschätzung und Ausblick. ....	119
<b>4 Gesamtdiskussion</b> .....	121
<b>4.1 Zusammenfassung zentraler Ergebnisse</b> .....	121
<b>4.2 Einordnung in das Fachgebiet</b> .....	125
<b>4.3 Kritische Einschätzung</b> .....	127
<b>4.4 Resümee und Ausblick</b> .....	130
<b>5 Quellenverzeichnis</b> .....	133
<b>6 Anhang</b> .....	145



**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Verwendung des Begriffs Akzeptanz in Publikationen (van Ittersum et al., 2006).....	37
Tabelle 2: Skalenübersicht aus der Literatur mit dortiger interner Konsistenz.....	70
Tabelle 3: Übersicht über die verwendeten Skalen in Studie 1 (MB).....	71
Tabelle 4: Ergebniszusammenfassung der exploratorischen Faktorenanalyse der UTAUT-Skalen .....	72
Tabelle 5: Gesamtmodell der UTAUT .....	74
Tabelle 6: Affektive Variablen als Einflussfaktoren auf die Nutzungsintention .....	75
Tabelle 7: Geschlechtsrolle als Einflussfaktor auf die Nutzungsintention.....	77
Tabelle 8: Übersicht über die verwendeten Skalen in Studie 2 (MÜ).....	85
Tabelle 9: Unterschiede zwischen den Stichproben (Studie 1 und Studie 2).....	86
Tabelle 10: Gesamtmodell der UTAUT in der Praxis.....	87
Tabelle 11: Affektive Variablen als Einflussfaktoren auf die Nutzungsintention in der Praxis .....	89
Tabelle 12: Geschlechtsrolle als Einflussfaktor auf die Nutzungsintention in der Praxis .....	90
Tabelle 13: Übersicht über die verwendeten Skalen in Studie 3 (FL) .....	98
Tabelle 14: 2 Regressionsanalysen der Untersuchungsmodellvariablen auf Erfahrung Fließband / Roboter .....	99
Tabelle 15: Übersicht über die verwendeten Skalen in der Pilotstudie (EI) .....	105
Tabelle 16: Übersicht über die verwendeten Skalen in Studie 4 (IK) .....	108
Tabelle 17: Regressionsanalyse der Fehler auf Nutzungsintention und Begleitumstände.....	110
Tabelle 18: Übersicht über die Stichproben .....	122
Tabelle 19: Überprüfte Voraussetzungen zur Durchführung von Regressionsanalysen.....	vii
Tabelle 20: Überprüfte Voraussetzungen für die Varianzanalysen.....	viii
Tabelle 21: Voraussetzungen der Normalverteilung: Unterschiede zwischen den Stichproben.....	ix
Tabelle 22: Arbeitsschritte an der Übungskarosse im Training .....	xxv



**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1. Workflow mit und ohne den kooperativen Roboter. ....	25
Abbildung 2. Untersuchungsgegenstand: Kooperativer Roboter UR-10 (Bachmann Engineering AG, 2016 ). ....	26
Abbildung 3. Klassifikation des UR-10 im Anwendungsfall. Adaptiert nach Badke-Schaub, Hofinger und Lauche (2012). ....	30
Abbildung 4. Modell der UTAUT. ....	41
Abbildung 5. “Theory of reasoned action“ (TRA) (Ajzen & Fishbein, 1980). ....	50
Abbildung 6. “Theory of planned behavior“ (TPB) (Ajzen, 1991). ....	51
Abbildung 7. Technik-Akzeptanz-Modell (Davis, 1989): Grundannahmen. ....	51
Abbildung 8. TAM 2: Grundannahmen. ....	55
Abbildung 9. Untersuchungsmodell. ....	63
Abbildung 10. Unterschied der Darbietungsform in den Begleitumständen. ....	78
Abbildung 11. Unterschied der Darbietungsform im erwarteten Nutzen. ....	91
Abbildung 12. Kontraste der Untersuchungsmodellvariablen abhängig von der Erfahrung. ....	101
Abbildung 13. Vergleich der Technik vor und nach der Anwendung. ....	109
Abbildung 14. Entwicklung der Variablen des Untersuchungsmodells über die Zeit. ....	112
Abbildung 15. Vergleich der Interventionsgruppe (Messzeitpunkte 1 und 2) zur Kontrollgruppe in der Nutzungsintention kooperativer Roboter. ....	113
Abbildung 16. Untersuchungsmodellvariablen bei kognitiven Unterstützungssystemen. ....	114
Abbildung 17. Vergleich der Interventionsgruppe (Messzeitpunkte 1 und 2) zur Kontrollgruppe in der Nutzungsintention kognitiver Unterstützungssysteme. ....	115



## DANKSAGUNG

### **Danksagung**

Allen voran möchte ich meiner Frau, Steffi, aus tiefstem Herzen meine Dankbarkeit ausdrücken. Ohne ihre aufopferungsvolle Unterstützung wäre es mir nicht möglich gewesen, diese Arbeit zu verfassen. Die vielen Stunden, in denen sie sich unserer Tochter, Emily Sophie, gewidmet hat, während ich mich dieser Arbeit widmen konnte, werde ich ihr nie vergessen.

Mein weiterer Dank gilt meiner Betreuerin, Frau Prof. Grande. Dafür, dass Sie von Beginn an ein wachsames Auge auf das Projekt und immer aufmunternde Worte parat hatte. Außerdem geht mein Dank an die Hochschule und angegliederte Verwaltung. Für die viele Zeit, die Sie mir erspart haben und die ich dafür in die Arbeit stecken konnte, möchte ich namentlich Dirk Lippik und dem Referat Forschung danken. Die Vorbereitung auf die Promotion durch Compete+ und die Hilfe bei verwalterischen Aufgaben waren grandios.

Weiterhin hat die Arbeitsgruppe „Soziales und Gesundheit“ einen tollen KollegInnenkreis abgegeben. Danke an Peggy, Ulrike, Ulrike, Christian, Alex, Astrid und alle anderen für eine tolle Zeit und die Vermittlung eines positiven Gefühls in allen Forschungslagen! Das gleiche gilt für meine METEORITen! Ihr wart tolle KollegInnen und seid zu Freunden geworden. Und natürlich einen riesigen Dank an Nele. Ohne dich wäre vieles nicht möglich gewesen und noch weniger hätte realisiert werden können. Ein großes Dankeschön für das gemeinsame Durchstehen so mancher Höhen und Tiefen.

Nicht zuletzt geht mein Dank an Herr Prof. Krems und Frau Manger. Vielen Dank für die Betreuung und Unterstützung und die nicht selbstverständliche Aufnahme eines externen Doktoranden an Ihrem Lehrstuhl an der TU Chemnitz.

Den „recency“-Effekt möchte ich nutzen um meinem Anwendungspartner für die Kooperation bei der Datenerhebung und vieles mehr zu danken, das ich während meiner Zeit dort lernen konnte. Stellvertretend möchte ich hier namentlich Susann, Alex, Detlef, Peter, Markus, Richard und Johannes, aber darüber hinaus noch vielen anderen danken.

Ohne Euch wäre diese Arbeit nie entstanden!



### **Zusammenfassung**

Die vorliegende Arbeit ist eine Untersuchung der Akzeptanz kooperativer Roboter im industriellen Umfeld. Den Anwendungskontext liefert die Automobilproduktion. Dort gibt es verschiedene Besonderheiten wie den überproportionalen Männeranteil oder die generelle Erfahrung im Umgang mit Technik im Vergleich zu anderen Arbeitskontexten, die beachtet werden müssen. Durch das Vorhandensein verschiedener Arten an Maschinen und speziell Robotern, stellen kooperative Roboter zwar eine Neuerung dar, allerdings weisen sie gestalterisch und in ihrer Bedienung auch Parallelen zu bestehenden Maschinen auf. Aber es gibt einige Veränderungen, die kooperative Roboter mit sich bringen. Eine offensichtliche Veränderung für die Mitarbeitenden ist das Verschwinden der physischen Barriere, mit welcher Roboter bisher zum Schutz der Mitarbeitenden umgeben waren.

Kooperative Roboter sind eine spezielle Art von Robotern, die in einer quasi-sozialen Interaktion (Bowers, Oser, Salas, & Cannon-Bowers, 1996) mit menschlichen Interaktionspartnern agieren, wobei Roboter und Interaktionspartner voneinander abhängig auf dasselbe Ziel hinarbeiten (Bratman, 1992). Die kooperativen Roboter unterscheiden sich dabei hinsichtlich ihrer technischen Möglichkeiten sowie der Art der Anwendungssituation bzw. dem Grad der Zusammenarbeit mit dem Interaktionspartner.

Gründe für die Einführung dieser neuen Art der Technik in der Industrie sind Effizienzsteigerung bei der Arbeitsausführung, geringere Kosten verglichen mit vollautomatisierten Lösungen und verbesserte Ergonomie für die Interaktionspartner durch die Übernahme nicht ergonomischer Arbeitsschritte.

Mit Einführung kooperativer Roboter in der Automobilproduktion stellt sich die Frage nach deren Akzeptanz, da Roboter bisher mit Barrieren umgeben wurden, um die Arbeitenden zu schützen. Diese physischen Barrieren sind bei kooperativen Robotern nicht mehr nötig, da sie in die Software bspw. durch Bewegungssensoren o. ä. implementiert werden können. Die Ungefährlichkeit dieser neuen Roboterklasse muss neu gelernt werden. Damit es beim Erstkontakt nicht zur Ablehnung kommt, stellt die Akzeptanz einen wichtigen Faktor zur Einführung dieser neuen Geräteklasse in der Automobilproduktion dar.

Die Arbeitsdefinition der Akzeptanz gegenüber kooperativen Robotern beschreibt diese als eine Kombination aus Einstellung und Verhalten gegenüber dem kooperativen Roboter (Louho, Kallioja, & Oittinen, 2006). Die Einstellungsebene der Definition dient der Vorhersage des Verhaltens beim Erstkontakt. Allerdings sind beide Ebenen relevant, um ein umfassendes Bild der Akzeptanz kooperativer Roboter in der Automobilproduktion zu erhalten.

## ZUSAMMENFASSUNG

Zur theoretischen Fundierung wurde die Akzeptanztheorie „unified theory of acceptance and use of technology“ (UTAUT) (Venkatesh, Morris, Davis, & Davis, 2003) herangezogen. Sie beschreibt Technikakzeptanz analog zur Arbeitsdefinition mit der Nutzung der Technik (Verhaltensebene), welche durch verschiedene Einflussfaktoren (Einstellungsebene) erklärt wird. Die UTAUT wurde in der vorliegenden Arbeit zum einen auf industriell genutzte kooperative Roboter und zum anderen auf den Kontext der Automobilproduktion übertragen und ein Untersuchungsmodell von ihr abgeleitet. Möglich war das durch den Allgemeinheitsanspruch der UTAUT für die Erklärung der Akzeptanz neuartiger Technik in verschiedenen Kontexten.

Daraus hervor gingen drei zentrale Untersuchungsblöcke. Im ersten wurde der Frage nachgegangen, ob das Untersuchungsmodell auf kooperative Roboter und auf den Kontext der Automobilindustrie angewendet werden kann. Im zweiten Untersuchungsblock wurde die Erfahrung als in diesen Untersuchungskontext die Akzeptanz beeinflussende Variable betrachtet. Im dritten Untersuchungsblock sollte die Akzeptanz durch eine Intervention im Vorfeld der Technikanwendung erhöht werden.

In einer ersten Studie bekamen Laien eine Vignette des kooperativen Roboters vorgelegt. Eine Experimentalgruppe sah ein zusätzliches Video. Dabei konnten Modellbeziehungen und eine Beeinflussung der Akzeptanz durch die Untersuchungsbedingung nachgewiesen werden.

In einer zweiten Studie wurde das Untersuchungsmodell im Feldversuch an einer praxisnahen Stichprobe angewendet. Auch hier zeigten sich signifikante Modellbeziehungen, die allerdings von denen der Laien abwichen.

Als mögliche Ursache dafür wurde die Erfahrung (im Umgang mit dem kooperativen Roboter einerseits und im Anwendungskontext andererseits) genauer betrachtet und eine dritte Studie durchgeführt. Signifikante Effekte der Erfahrung auf die Akzeptanz im Rahmen des Untersuchungsmodells konnten nachgewiesen werden.

Aufbauend auf dem Untersuchungsmodell und den Erkenntnissen aus den vorhergegangenen Studien entstand ein dem Anwendungskontext angepasstes Informationskonzept zur Steigerung der Akzeptanz im Vorfeld der Nutzung des kooperativen Roboters.

Das Informationskonzept wurde schließlich in der vierten Studie an einer praxisnahen Stichprobe getestet. Die signifikante Steigerung der Akzeptanz durch das Informationskonzept belegt die Anwendbarkeit des Untersuchungsmodells in der Praxis. Eine Übertragung auf weitere neue Technik im Anwendungskontext scheint durch die Übertragbarkeit der UTAUT

## ZUSAMMENFASSUNG

möglich. So konnte in einer abschließenden Untersuchung bedingt die Wirksamkeit des Informationskonzeptes auch für kognitive Unterstützungssysteme belegt werden.

Mit der vorliegenden Arbeit ist die Akzeptanz kooperativer Roboter in der Automobilproduktion erstmals umfangreich untersucht worden. Dabei ist der Praxisbezug der vorliegenden Arbeit elementar, da sich in den durchgeführten Studien unterschiedliche Ergebnisse zwischen Labor- und Felduntersuchungen zeigten.

Darüber hinaus konnte ein theoretisch fundiertes Informationskonzept entwickelt werden, welches die Akzeptanz gegenüber kooperativen Robotern im industriellen Kontext vor der Technikanwendung positiv beeinflusst.



### **1 Einleitung in die Thematik**

Der technische Fortschritt verlangt eine ständige Anpassung der Produktionsbedingungen. Arbeitsaufgaben verändern sich und werden in der Regel durch den Einsatz neuer Technik vereinfacht. Es werden aber auch neue Anforderungen an die Arbeitenden, wie sie der Umgang mit dieser neuen Technik mit sich bringt, gestellt. Als die ersten Industrieroboter eingesetzt wurden, war diese Änderung der Produktionsbedingungen beträchtlich. Industrieroboter gibt es seit den 1950er Jahren und ab den 1970er Jahren verstärkt in der deutschen Automobilindustrie. Durch ihre Einführung in den Produktionsprozess wurden zunächst Prozesse wie das Schweißen durch diese übernommen. Vorteile waren die Genauigkeit und Geschwindigkeit der Roboter verglichen mit der manuellen Handlungsausführung. Diese Vorteile führten in der Automobilindustrie dazu, dass nun im Karosseriebau, wo vor allem Kraft und Wiederholgenauigkeit in der Aufgabenausführung erforderlich sind, für etwa 90% der Arbeitsaufgaben vollautomatisierte Roboter eingesetzt werden. Andere Bereiche der Automobilindustrie lassen sich mit dem heutigen Stand der Technik nicht in diesem Maße automatisieren. In der Automobilmontage, wo bedingt durch die Variantenvielfalt der Modelle und die Anforderungen der verschiedenen Montageaufgaben die Flexibilität in der Aufgabenausführung im Vordergrund stehen, beträgt der Anteil an manueller Arbeit ca. 90%.

An dieser Verteilung von automatisierter und manueller Arbeit wird deutlich, dass Menschen und Maschinen in der Handlungsausführung Stärken und Schwächen haben. Eine erste Auflistung bestimmter Handlungen, die von Menschen bzw. Maschinen in speziellen Aufgaben effektiver ausgeführt werden können, stammt aus dem Jahr 1951 (Fitts, 1951). Diese Auflistung ist bis heute relevant. Sowohl menschliche Arbeitende als auch Maschinen haben Vor- und Nachteile für den Produktionsprozess.

Um sowohl die Vorteile von Robotern in Kraft und Genauigkeit sowie die der Menschen in der Flexibilität nutzen zu können, lässt sich beides kombinieren. In Form der kooperativen Automation bringen Menschen und Roboter die eigenen Stärken in die Handlungsausführung ein. Während Industrie-Roboter seit den 1970er Jahren in der deutschen Automobilproduktion, vor allem dem Karosseriebau, zum Einsatz kommen, sind kooperative Roboter in Deutschland bisher die Ausnahme. Herkömmliche Industrie-Roboter sind mit Schutzzäunen gesichert, damit Arbeitende nicht unbeabsichtigt in deren Arbeitsbereich eindringen und sich dabei gefährden, da diese Roboter mit großer Kraft und Geschwindigkeit arbeiten. Kooperative Roboter

hingegen sind darauf ausgelegt, dass Arbeitende in deren Arbeitsreichweite gleichzeitig mit der Maschine agieren und arbeitsteilig auf das gleiche Ziel hinarbeiten.

Kooperative Roboter sind technisch soweit entwickelt, dass sie im Arbeitsprozess eingesetzt werden können. Da sie Arbeitende aber nicht per se ersetzen, sondern gemeinsam mit ihnen arbeiten, gibt es Forschung bezüglich ihrer Akzeptanz. Akzeptanz wirkt sich auf das Verhalten und letztendlich auf die Leistung aus. Diese Befunde sind aber nicht speziell für kooperative Roboter, sondern neuartige Technik allgemein, bestätigt (Buche, Davis, & Vician, 2012). Die kooperative Automation in der Industrie begegnet dabei dem Phänomen, wonach die euphorisch positive Einstellung gegenüber Technik seit den 1990er Jahren einer differenzierten Einstellung mit durchaus kritischer Auseinandersetzung weicht (Renn, 2005).

Trotz der technischen Reife kooperativer Roboter existieren Bedenken bis hin zu Ängsten ihnen gegenüber. Dabei sind Ängste wie die Angst vor mangelnder Sicherheit, die Angst vor dem Wegfall des Arbeitsplatzes durch die Handlungsausführung der Maschine (Arbeitsplatzangst) oder die Angst vor einer Dequalifizierung, d. h. die Reduktion der Fähigkeiten des Menschen aufgrund der Automation, nur einige Beispiele für mögliche Gründe der Ablehnung dieser neuartigen Technik. Nicht nur Ängste spielen eine Rolle, wenn man sich der kooperativen Automation widmet. Vielmehr lassen sich Regeln der sozialen Interaktion auf den Umgang des Arbeitenden mit dem kooperativen Roboter insgesamt übertragen (Epley, Waytz, & Cacioppo, 2007) und es entsteht im Gegensatz zur Arbeit mit herkömmlichen Robotern eine quasi-soziale Interaktion (Bowers et al., 1996).

Hier eröffnet sich ein breites Feld an Fragestellungen, die das Zusammenwirken von Menschen und kooperativen Robotern in der Arbeitswelt als Teilaspekt der Mensch-Technik-Interaktion betreffen. Die Mensch-Technik-Interaktion ist ein Untersuchungsfeld, in dem auch Robotersysteme untersucht werden, um sie zu gestalten und zu evaluieren, damit sie für oder mit dem Menschen genutzt werden können (Goodrich & Schultz, 2007). Die Frage nach der Akzeptanz gegenüber kooperativen Robotern in der Arbeitswelt ist dabei zentral (Weiss & Tscheligi, 2010).

Nicht untersucht ist jedoch bisher, wie Menschen darauf reagieren, dass ihnen ein Roboter zur Seite gestellt wird, der Arbeiten, die bis dato vom Menschen erledigt wurden, besser ausführt. Gerade vor diesem Hintergrund ist die Akzeptanz eine wichtige Variable, da im industriellen Kontext die Nutzung einer bereitgestellten Maschine obligatorisch ist, wenn der Arbeitsprozess es verlangt. Die positive Gestaltung der Akzeptanz hin zu einer erhöhten Absicht der Nutzung des kooperativen Roboters kann so den Umgang mit dem kooperativen Roboter verbessern.

Die vorliegende Arbeit baut auf dem sozialen Aspekt der Interaktion zwischen kooperativem Roboter und Anwendendem, verbunden mit der daraus resultierenden Akzeptanz gegenüber kooperativen Robotern, auf. Gegenstand ist die Untersuchung der Akzeptanz, ihren Einflussfaktoren sowie Möglichkeiten der Beeinflussung dieser mit dem Ziel einer gesteigerten Akzeptanz.

### **1.1 Besonderheiten des Untersuchungsfeldes bezüglich Akzeptanz**

In der Automobilproduktion werden seit über 30 Jahren Roboter eingesetzt. Diese funktionieren vollautomatisch und sind eingezäunt. Physische Barrieren verhindern, dass Mitarbeitende dem Roboter zu nahe kommen, da ein Eindringen in den Arbeitsraum eines vollautomatischen Roboters durch dessen Kraft und Geschwindigkeit ein erhebliches Verletzungsrisiko birgt.

Die Arbeit in der Automobilmontage stellt sich als strikt getaktete Fließbandarbeit dar. Einzelne Arbeitsschritte sind klar voneinander getrennt. So konnten Industrieroboter örtlich einfach von Mitarbeitenden getrennt aufgestellt werden. Die Taktung führt auch zu kleinteiligen Arbeitshandlungen, welche im Minutentakt wiederholt werden. Die häufige Wiederholung bestimmter Handlungen kann sowohl zu kognitiven (Monotonie) als auch physischen (Muskel- und Gelenkprobleme) Problemen führen.

In der Automobilmontage sind kooperative Roboter technische Innovationen, die weniger als etablierte Vollautomationen angewendet werden. Dafür gibt es mehrere technische und verwaltungsrechtliche Gründe, die sukzessive abgebaut werden (Deutsches Institut für Normung, 2012; Deutsches Institut für Normung, 2016). Hierzu gehören vor allem der Sicherheitsaspekt und die Zulassungen durch den TÜV und die Berufsgenossenschaft als Hürden für den Einsatz von kooperativen Robotern in der Automobilindustrie. Zusätzlich von Bedeutung ist der Umgang der Mitarbeitenden mit dem kooperativen Roboter, der nicht autonom, sondern nur in Zusammenarbeit mit einem Menschen seine Vorteile ausspielen kann.

Nun müssen die Mitarbeitenden, welche Roboter seit 30 Jahren als gefährliche Maschinen kennengelernt haben, umlernen. Neuerdings ist ein gemeinsamer Arbeitsraum für Mensch und Roboter umsetzbar, weil eine kooperative Arbeit gewünscht ist und kooperative Roboter ungefährlich sind. Sicherheitstechnik direkt im System als integrierte Softwarelösung kann physische Barrieren ersetzen, wodurch ein gemeinsames Arbeiten mit kooperativen Robotern ermöglicht wird.

Eine weitere Besonderheit in der Automobilindustrie ist der hohe Männeranteil an den Mitarbeitenden eine weitere Besonderheit des Untersuchungsfeldes. Dieser beträgt in der

Automobilmontage etwa 90%. An dem überproportionalen Männeranteil wird deutlich, dass es sich bei der Automobilproduktion um einen spezifischen Arbeitskontext mit hoher Selbstselektion der dort Arbeitenden handelt.

### **1.2 Situationsbeschreibung**

Die beschriebenen Besonderheiten des Untersuchungsfeldes treffen für alle Bereiche der Automobilmontage zu. In dem Kontext der Automobilmontage wird ein spezieller kooperativer Roboter betrachtet, der UR-10. Dabei wird die Untersuchung der Akzeptanz kooperativer Roboter prototypisch anhand eines speziellen Anwendungsfalls betrachtet. Auf diese Weise werden komplexe Einflüsse der Passung zwischen kooperativem Roboter und Arbeitsinhalt reduziert.

Der kooperative Roboter UR-10 (Kap. 1.3) ist in der Automobilproduktion am Fließband eingesetzt. Er arbeitet mit zwei Mitarbeitenden gemeinsam an einem Werkstück. Die Arbeit erfolgt im selben Arbeitsraum. Der kooperative Teil der Arbeitsaufgabe mit dem aktuellen Roboter bei dem betrachteten Anwendungsfall besteht in der Übernahme fehleranfälliger, sensumotorisch anspruchsvoller, schwer erlernbarer und nicht ergonomischer Arbeitsschritte. Die Mitarbeitenden überwachen und rüsten den kooperativen Roboter aus. Anders als bei sozial-interaktiven Robotern, handelt es sich um eine vereinfachte, nichtsdestotrotz quasi-soziale, Form der Kooperation, für die Regeln der sozialen Interaktion angewendet werden können (Yan, Ang, & Poo, 2013).

Der Workflow des Anwendungsfalls ist in Abbildung 1 dargestellt. Dieser wird in etwas mehr als einer Minute abgearbeitet und beginnt anschließend von vorn. Zu sehen ist die Aufteilung der Arbeitsaufgabe zwischen Mensch und Roboter. Die Sicherheit der Mitarbeitenden ist durch inhärente Sicherheitstechnik gewährleistet (Universal Robots, 2015). Der Roboter stoppt seine Bewegungen, sobald eine Berührung mit vorher eingestellter Kraft (maximal 10 N) stattfindet.

## EINLEITUNG

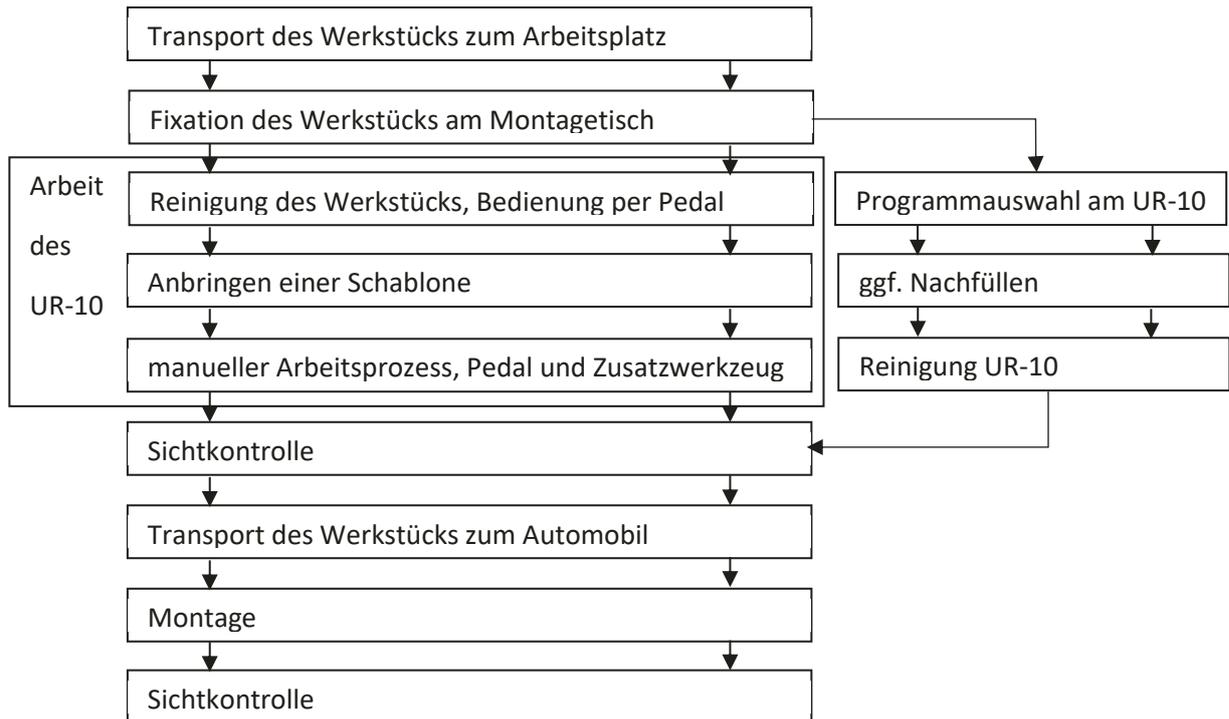
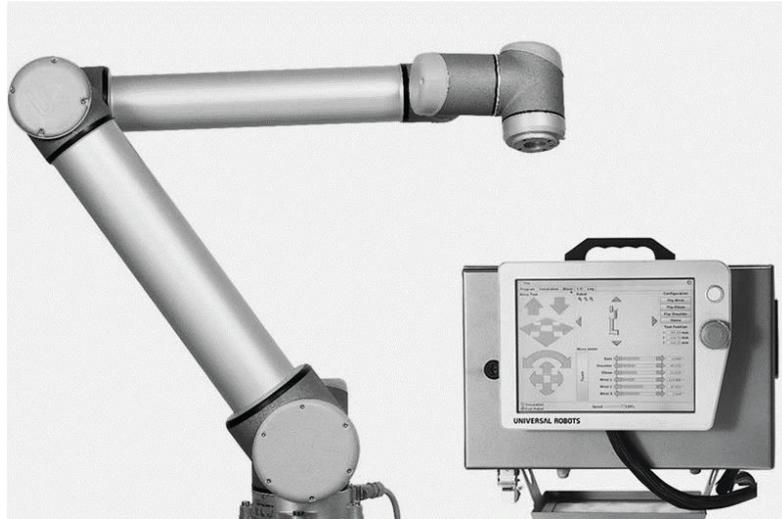


Abbildung 1. Workflow mit und ohne den kooperativen Roboter.

### 1.3 Beschreibung des kooperativen Roboters für den Anwendungsfall

Untersuchungsgegenstand ist der kooperative Roboter UR-10 der Firma Universal Robots (Abbildung 2). Dieser hat die klassische Form eines Roboterarms. Der Durchmesser der Grundfläche beträgt 190 mm. Er besitzt sechs Drehgelenke, wodurch ein beliebiges am Ende montiertes Werkzeug jeden Punkt in seinem dreidimensionalen Arbeitsraum erreichen kann. Der Arbeitsradius beträgt 1300 mm. Er wiegt 28.9 kg und hat eine maximale Traglast von 10 kg. Die Wiederholungsgenauigkeit beträgt  $\pm 0.1$  mm. Zum Roboter gehört ein Schaltschrank (B x H x T: 475 mm x 423 mm x 268 mm) mit angeschlossenem Touchscreen, über den eine softwaregestützte Bedienung und Programmierung möglich ist (Abbildung 2). Das kooperative Arbeiten ist nach EN ISO 13849-1 (Deutsches Institut für Normung, 2016) und EN ISO 10218-1 (Deutsches Institut für Normung, 2012) zugelassen (Universal Robots, 2015).



*Abbildung 2.* Untersuchungsgegenstand: Kooperativer Roboter UR-10 (Bachmann Engineering AG, 2016 ).

Nachdem die Spezifikationen des kooperativen Roboters und dessen Anwendungssituation bekannt sind, lässt sich die Einordnung eines kooperativen Roboters in die verschiedenen technischen und arbeitswissenschaftlichen Klassifikationen vornehmen.

## 2 Theoretischer Hintergrund

### 2.1 Kooperative Roboter

In der vorliegenden Arbeit geht es ausdrücklich um kooperative Roboter in der Industrie. Bei einer Kooperation (lateinisch „cooperatio“: Zusammenwirken, Mitwirken) handelt es sich um ein gemeinsames Wirken von Handlungen, Lebewesen, Personen oder Systemen, welches zweckgerichtet und arbeitsteilig dasselbe Ziel verfolgt. Bei einer nicht intentionalen bzw. nicht zweckgerichteten Einwirkung der Akteure, spricht man von Interaktion. Kooperativ bedeutet in Bezug auf Roboter, dass diese mit einem hohen Grad an Arbeitsteilung mit dem Menschen zusammenarbeiten (Bratman, 1992). Also führen beide Parteien einen Großteil der Arbeitshandlungen individuell aus. Beide arbeiten aber auf dasselbe Ziel hin. Damit wird auch die Abgrenzung zu kollaborativen Robotern deutlich, welche ein größeres Maß an gemeinsamen Arbeitsinhalten teilen. Diese strikte Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine ist bei kollaborativen Robotern nämlich nicht gegeben. Kollaborativ bedeutet eine stärkere Zusammenarbeit und erfordert eine vertiefte Koordination der gemeinsamen Arbeit (Hoffman & Breazeal, 2016).

Industrieroboter sind nach DIN ISO 8373 (Deutsches Institut für Normung, 2010) automatisch geführte, mit mindestens drei frei programmierbaren Bewegungsachsen ausgerüstete Mehrzweckmanipulatoren, die ortsfest oder mobil in industriellen Anwendungen eingesetzt werden und verschiedene Werkzeuge benutzen können.

Bei Industrierobotern spielt die psychologische Wirkung auf den Anwendenden eine entscheidende Rolle für die Akzeptanz (Shenkar, 1988). Dem Feld der Mensch-Roboter-Interaktion als Teilgebiet der Mensch-Maschine-Interaktion wird allerdings erst seit den 2000ern verstärkt Aufmerksamkeit gewidmet. Es lassen sich aber viele Erkenntnisse der Mensch-Maschine-Interaktion im Allgemeinen auf die Mensch-Roboter-Interaktion im Speziellen übertragen (Kiesler & Hinds, 2004). Dies wird durch die Merkmale industrieller Roboter deutlich, welche auch auf kooperative Roboter zutreffen und von Shenkar (1988) diskutiert wurden: vielfältige Einsatzmöglichkeiten, Möglichkeit der Neuprogrammierung, flexible Bewegungsfunktionen, Handlungsausführung analog zur menschlichen Handlung, flexible Operationen des Roboters und der mystische Ethos des den Menschen ersetzenden Roboters:

„Another unique feature of industrial robots is that they perform tasks in a manner analogous to the human operation. Combined with the flexibility of robot operation and with the mythical ethos of robot replacing man, this human analogy sets robots apart from other new technologies.“ (Shenkar, 1988, S.103)

### **2.1.1 Einordnung kooperativer Roboter in die Klassifikation von Technik.**

Es existieren verschiedene Kriterien, nach denen man kooperative Roboter klassifizieren kann, ausgehend von der Entwicklung und Gestaltung der Technik bis zur Funktionsweise über den Grad der Kooperation zwischen Mensch und Roboter. Bei den folgenden Klassifikationen wird die Technik in Form des hier betrachteten kooperativen Roboters als wissenschaftliche Form von Technik eingeordnet.

Dafür existieren Klassifikationen, die sich auf unterschiedliche Dimensionen des Begriffs Technik beziehen. Beispielsweise wird zwischen Technik und Produkt unterschieden, wobei die Technik in verschiedenen Produkten eingesetzt werden kann. Da hier auf einen kooperativen Roboter fokussiert wird, betrifft es also ein Produkt, in dem eine neuartige Technik (kooperative Aufgabenerfüllung zwischen Mensch und Technik) implementiert ist. Diese Mischform wird auch als System bezeichnet und ist die häufigste Untersuchungsform, wenn es um die Akzeptanz von Technik geht (van Ittersum et al., 2006).

Eine weitere Art der Klassifikation betrifft den Grad der Neuheit der Technik. Die Einordnung des kooperativen Roboters hängt hier von der Betrachtungsweise ab. Einerseits ist die Technik des kooperativen Arbeitens in der industriellen Fertigung eine radikale Neuerung, da diese Form des Arbeitens zwischen Mensch und Roboter vorher nicht praktiziert wurde. Andererseits sind Roboter in der industriellen Fertigung bekannt und der Anwendende sieht vor allem einen weiterentwickelten Roboterarm, welcher zwar ohne physischen Schutzraum auskommt, aber in dem hoch technisierten Arbeitsumfeld keine radikale, sondern eher eine inkrementelle Neuerung darstellt (van Ittersum et al., 2006).

### **2.1.2 Arten der kooperativen Zusammenarbeit.**

Neben der Klassifikation nach technischen Merkmalen, gibt es Ansätze, die Kooperation selbst nach diversen Gesichtspunkten zu klassifizieren. Merkmale der Kooperation sind beispielsweise die (humanoide) Gestaltung, Bedienung, interaktive Lernmöglichkeiten oder die Arbeitsorganisation.

Eine umfassende Klassifikation unterteilt die Arbeitsschritte von Mensch und Maschine in räumlich und zeitlich sequentiell (Krüger, Lien, & Verl, 2009). Nach dieser

Betrachtungsweise werden verschiedene Formen der Mensch-Roboter-Kooperation in der kooperativen Montage bereits angewendet.

Über mehrere Jahrzehnte wurden die räumlich sequentielle Arbeitsteilung zwischen Mensch und Roboter betrieben. So wurden einfach zu automatisierende Arbeitsschritte zu Beginn und aufgrund ihrer Komplexität schwierig zu automatisierende Arbeitsschritte am Ende der Prozesskette verankert. Die Roboter arbeiten dabei zwar räumlich getrennt von den Menschen, aber dennoch auf dasselbe Ziel, die Produktfertigung, hin. Bei der Arbeit am selben Arbeitsplatz wiederum gibt es zwei Formen. Entweder der Roboter führt eine Montage durch und der Mensch übernimmt die Handhabung des Montagestücks oder aber der Roboter übernimmt die Handhabung des Montagestücks und der Mensch dessen Montage. Die Interaktion zwischen Mensch und Maschine ist dabei auf die Vermeidung von Kollisionen beschränkt. Kommt die zeitliche Komponente hinzu, ergeben sich zwei zusätzliche Formen der kooperativen Zusammenarbeit. So können Mensch und Roboter gemeinsam ein Montagestück handhaben oder montieren.

Der kooperative Roboter im betrachteten Anwendungsfall führt zeitgleich mit dem Menschen im selben Arbeitsraum Montage vorbereitende Arbeitsschritte am Montagestück aus. Bei dieser gemeinsamen Arbeit im selben Arbeitsraum wird eine stärkere Interaktion zwischen Mensch und Roboter nötig. Diese kann über Fernsteuerung (auch Sprache oder Gestik) bzw. direkten physischen Kontakt (Bedienelement oder Kraftlenkung) erfolgen. Der Sicherheitsaspekt der gemeinsamen Arbeit ist auf technischer Seite eine Herausforderung, die verschiedentlich gelöst werden kann. So gibt es Systeme, die den Menschen oder andere Hindernisse im Arbeitsraum über verschiedene Sensoren detektieren und entsprechend mit minimierter Kraft agieren oder den Arbeitsschritt unterbrechen (Krüger et al., 2009).

Helms und Meyer (2005) unterteilen hingegen Arten der kooperativen Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter in verschiedene Freiheitsgrade. Der (a) räumliche Abstand zwischen Mensch und Roboter, der (b) Grad an Mobilität des Roboters und die (c) Art der Aufgabenteilung sind hierfür entscheidend. Durch die Kombination dieser Freiheitsgrade entstehen unterschiedliche Formen der Mensch-Roboter-Kooperation. Die Einordnung kooperativer Roboter hängt auch hier vom konkreten Anwendungsfall ab. Der hier betrachtete Anwendungsfall weist einen (a) geringen Abstand zwischen Roboter und Anwendendem auf, da beide im selben Arbeitsraum gleichzeitig tätig sind. Die (b) Mobilität des kooperativen Roboters ist beschränkt, da er lediglich innerhalb seiner Armreichweite auf festgelegten Pfaden agiert und nicht bewegt wird. Die (c) Art der Aufgabenteilung ist radikal. Der Roboter übernimmt Teilhandlungen, die im Gegenzug für den Mitarbeitenden entfallen.

Neben den vorgestellten Klassifikationen existiert eine Taxonomie zur Klassifikation verschiedener Arten der Mensch-Maschine-Interaktion, die ebenso auf die Mensch-Roboter-Interaktion angewendet werden kann (Endsley & Kaber, 1999). Danach wurden vier Handlungsbestandteile identifiziert: Überwachen, Generierung von Handlungsmöglichkeiten, Entscheidung für eine Handlungsmöglichkeit und Ausführung dieser. Für diese vier Handlungsbestandteile wird in zehn Stufen der Automatisierung (von manueller Kontrolle, über Entscheidungsunterstützung und automatisierte Entscheidung bis zur vollständigen Automatisierung) eingeschätzt, ob der Handlungsbestandteil entweder durch den Menschen, die Maschine oder kooperativ von beiden gemeinsam erledigt wird. Die dadurch entstehende Matrix ist charakteristisch für den kooperativen Roboter im jeweiligen Anwendungsfall.

Eine ähnliche Art der Klassifikation bieten Parasuraman, Sheridan und Wickens (2000). Sie beurteilen die Mensch-Roboter-Kooperation nach den Aufgaben, welche der Roboter übernehmen kann. In Abbildung 3 wurde eine vereinfachte Klassifizierung des UR-10 mit zwei beliebigen Systemen als Referenz vorgenommen. Der in der vorliegenden Arbeit betrachtete kooperative Roboter aus dem spezifischen Anwendungsfall wurde darin eingegliedert. Die Unterteilung erfolgt auf den Dimensionen Informationsaufnahme, -analyse, Entscheidung bzw. Handlungsauswahl und Handlungsausführung. In den Dimensionen erfolgt die Einteilung der Kooperation je nachdem, welcher der beiden Partner, Mensch oder Roboter, den jeweiligen Teilaspekt der Aufgabe übernimmt.

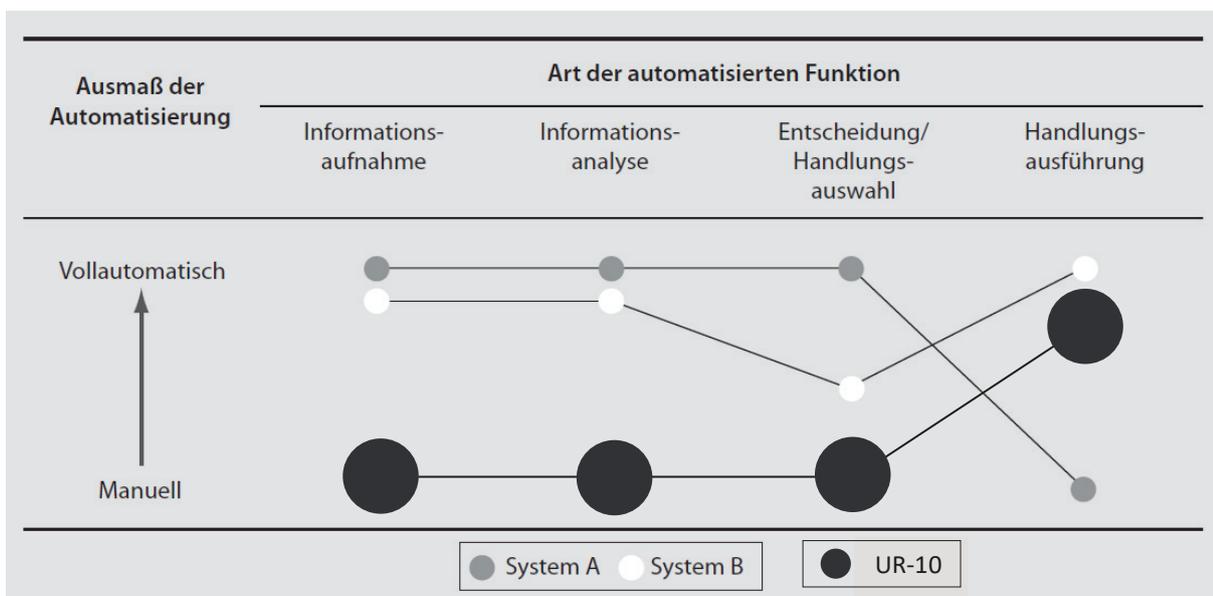


Abbildung 3. Klassifikation des UR-10 im Anwendungsfall. Adaptiert nach Badke-Schaub, Hofinger und Lauche (2012, S. 336).

Die Referenzsysteme stellen eine kognitive Unterstützung dar. Sowohl System A als auch System B übernehmen Informationsaufnahme und -analyse für den Anwendenden. System A übernimmt überdies auch die Entscheidung bzw. Handlungswahl. Die Aufgabe des Anwendenden besteht bei System A nur noch in der Handlungsausführung. Gegensätzlich dazu übernimmt bei der Kooperation mit dem UR-10 der Mensch die Informationsaufnahme, -analyse und Entscheidung bzw. Handlungsauswahl. Der Roboter unterstützt den Anwendenden dann bei der Handlungsausführung. Deutlich wird hier, dass der kooperative Roboter in erster Linie als physische Unterstützung fungiert.

In der vorliegenden Arbeit wird ein kooperativer Roboter betrachtet, welcher selbständig Arbeitsschritte übernimmt, die vorher der Mensch ausgeführt hat. Dafür übernimmt der Mensch neue Arbeitsaufgaben, die durch die Kooperation erforderlich werden. Die Pflege oder Wartung sowie die Bedienung des kooperativen Roboters stellen solche neuen Arbeitsaufgaben dar. Hakuli und Kollegen (2012) verweisen in diesem Zusammenhang auf neue Arbeitsaufgaben durch Fahrerassistenzsysteme, welche durch deren Nutzung für den Fahrer entstehen. Dort findet eine Arbeitsteilung statt, sodass Fahrerassistenzsysteme Aufgaben wie Spurhalte-, Spurwechsel- oder Abstandshaltfunktionen ausführen. Der Fahrer muss dafür die Überwachung des Assistenzsystems übernehmen. Diese Form der Arbeitsteilung erfordert „situation awareness“ und „mode awareness“ (siehe dazu auch: Sarter & Woods, 1995; Endsley, 1995), also das Wissen des Anwendenden um die aktuelle Situation sowie das Wissen darum, was die Maschine gerade macht. Diese Form der Arbeitsteilung kann auch auf die kooperative Mensch-Roboter-Interaktion in der Industrie übertragen werden.

Unterschiede zum Fahrerassistenzsystem bestehen aber beispielsweise darin, dass in der Industrie die Arbeitsaufgaben strukturiert vorgeschrieben und zeitlich vorherbestimmt geschehen. Das Wissen um den aktuellen Modus des kooperativ arbeitenden Roboters muss nicht separat überwacht werden („mode awareness“; Sarter & Woods, 1995). Zudem stellt sich die aktuelle Situation bei Fahrerassistenzsystemen flexibler dar („situation awareness“; siehe dazu auch Endsley, 1995).

### **2.1.3 Ziele für den Einsatz kooperativer Roboter.**

Egal welche Klassifikation man zugrunde legt, mit der Geräteklasse der kooperativen Roboter werden bestimmte, sich gleichende Ziele verfolgt. Vor allem weil diese innovative Geräteklasse in der industriellen Fertigung mit dem aktuellen Stand der Technik Vorteile gegenüber herkömmlichen vollautomatisierten Robotern bietet.

Ziele sind vor allem die Effizienzsteigerung durch die interaktive Ausführung von Arbeit, Verursachung geringerer Kosten verglichen mit ortsfesten vollautomatisierten Lösungen, ergonomische Verbesserungen durch die Übernahme belastender Arbeitsinhalte und Flexibilität sowie Anpassungsfähigkeit hinsichtlich Einsatzort, Erfahrung und Wissen des Personals, Kapazität und Art bzw. Umfang der Aufgabenstellung (Helms & Meyer, 2005). Psychologische Aspekte spielen dabei bisher eine untergeordnete Rolle.

Ein Ziel aus psychologischer Perspektive muss die von Beginn an positive Gestaltung der Mensch-Roboter-Kooperation sein. Denn diese Kooperation stellt eine quasi-soziale Interaktion dar, wobei unabhängig vom Grad der Komplexität des Systems gemeinsam mit dem Roboter auf ein Ziel hingearbeitet wird, ähnlich einem Team (Bowers et al., 1996). Dies wird auch durch die Verhaltensadaption des Anwendenden an das System nahegelegt (Sanchez, 2006, S. 7). Der Mensch reagiert auf das System und passt das eigene Verhalten an. Allerdings geschieht das mit zunehmendem Alter weniger schnell und stark (Mayer, Rogers, & Fisk, 2009). Das Verständnis über Fähigkeiten und Grenzen von Teammitgliedern sind in sozialen Interaktionen hilfreich, um das Potenzial des Teams zu nutzen (Bowers et al., 1996). Ebenso hilft es dem Anwendenden eines kooperativen Roboters, die nötigen Kenntnisse über diesen zu haben, um die Aufgabe erfolgreich durchführen zu können (Cohen, Parasuraman, & Freeman, 1998). Das Wissen über die Verlässlichkeit eines Systems bestimmt den Umgang mit diesem System (z. B. Dixon & Wickens, 2006; Dixon, Wickens, & McCarley, 2007; Meyer, 2001; Meyer, 2004). Dies gilt es zu beachten, um eine positive Gestaltung der Mensch-Roboter-Kooperation zu erreichen.

#### **2.1.4 Gestaltung und Einführung kooperativer Roboter.**

Die Technikgestaltung unterliegt dabei verschiedenen Kriterien. Es kann um die Gestaltung zur fehlerfreien Bedienung oder der Gestaltung zur sicheren Bedienung gehen. Abhängig davon stellt sich die Akzeptanz gegenüber der Technik dar. Es gibt eine Vielzahl an Untersuchungen zur Frage, wie die Technik für eine positive Akzeptanz gestaltet werden muss (z. B. Hinds, Roberts, & Jones, 2004; Shenkar, 1988; v. Zitzewitz, Boesch, Wolf, & Riener, 2013). Die Gestaltung sowie die Einführung von Technik verfolgen dabei immer noch ähnliche Ziele: Leistungssteigerung, Sicherheitserhöhung und Handlungseffizienz (Mayer et al., 2009).

Nach der Gestaltung der Technik gewinnt die Frage nach der Art der Einführung dieser neuartigen Technik an Bedeutung (Haertel & Weyer, 2005). Dabei ist die Verbindung dieser Fragestellungen im Forschungsgebiet der menschenzentrierten Technikentwicklung zu verorten (Brauer, Fischer, & Grande, 2014; siehe auch Weidner, Redlich, & Wulfsberg, 2015).

Schon dem Namen nach steht der Mensch bei der menschenzentrierten Technikentwicklung im Mittelpunkt. Nach den Bedürfnissen des Menschen wird die Technik mit Hauptaugenmerk auf der Schnittstelle gestaltet. Vor allem anthropologische Merkmale sind bestimmend. Die Gestaltung eines Arbeitsplatzes, damit dieser von großen und kleinen Menschen genutzt werden kann, ist ein Beispiel. Die bloße Gestaltung eines Arbeitsplatzes anhand der Durchschnittsgröße bedingt durch die nicht ergonomische Arbeitsweise für besonders große bzw. kleine Arbeitende körperliche Schäden, die bis hin zum Arbeitsausfall führen können (Ulich, 2011, S. 185 ff).

Auch Erkenntnisse zu kognitiven Merkmalen des Anwendenden fließen in die menschenzentrierte Gestaltung ein (Weidner et al., 2015). So werden bei der Bedienung des kooperativen Roboters häufig benötigte Bedienelemente z. B. zur Auswahl des aktuellen Handlungsprogramms in der unmittelbaren Reichweite der Anwendenden sein, wohingegen weniger oft benötigte Bedienelemente, die z. B. der durch den Anwendenden übernommenen Wartung dienen, weiter entfernt sein, da sie nicht so häufig benötigt werden. Dieses Prinzip ist auch auf die Softwareergonomie übertragbar, sodass weniger häufig benötigte Befehle in der Menügestaltung weniger präsent sind.

Weiterhin sind die Schnittstelle zwischen kooperativem Roboter und Person sowie der Grad der Kooperation zwischen beiden von Bedeutung. Zusätzlich ist von Interesse, ob es sich um die bloße Bedienung oder die zusätzliche Rückmeldung an bzw. die Bereitstellung von Informationen für den Anwendenden durch den kooperativen Roboter handelt. Daraus ergibt sich, dass je nach Art der Kooperation (Kap. 2.1.2) kooperative Roboter andere Anforderungen für eine positive Schnittstellengestaltung erfüllen müssen. Neben physischen Gegebenheiten wie Kraftanwendung und Bedienmöglichkeiten, können auch kognitive Gesichtspunkte (Erwartungen) eine Rolle für die Schnittstellengestaltung spielen.

Eine besondere Art der menschenzentrierten Technikentwicklung ist die menschenähnliche Gestaltung, d. h. das Nachempfinden menschlicher Charakteristika bei der Gestaltung kooperativer Roboter. Menschenähnlichkeit ist dabei ein Maß für die Wahrnehmung eines (kooperativen) Roboters. Dies kann z. B. langsame und fließende anstelle von ruckartigen Bewegungen (Verhalten) oder das Versehen des Roboters mit einem Gesicht anstelle der rein funktionalen Gestaltung (Aussehen) betreffen. Allerdings ist die Menschenähnlichkeit das stark vereinfachte Resultat verschiedener Einflussfaktoren der Erscheinung sowie des Verhaltens des Roboters (v. Zitzewitz et al., 2013).

Unter der Prämisse einer positiven Mensch-Roboter-Kooperation wurden Roboter möglichst menschenähnlich gestaltet (Kiesler und Hinds (2004) bieten einen Überblick).

Gesichter, Stimmen, Bewegungen usw. wurden angepasst, um humanoide Roboter zu bauen, die durch ihre Menschenähnlichkeit zu einer positiveren Mensch-Roboter-Interaktion beitragen sollten, verglichen mit herkömmlichen bzw. nach technischen Gesichtspunkten gestalteten Robotern. Denn abhängig von der Art des Roboters sind die menschlichen Reaktionen auf ihn.

Hinds und Kollegen (2004) untersuchten Menschenähnlichkeit und Status eines kooperativen Service-Roboters im Arbeitsprozess. Das Aussehen des kooperativen Roboters hatte einen Einfluss auf die Aufgabenerfüllung durch die Person. In ihrer Studie wird eine Verbindung zwischen arbeitsrelevantem Verhalten und kooperativen Robotern hergestellt. Roboter rufen demnach nicht in jedem Fall positivere Einstellungen hervor, wenn sie menschenähnlicher gestaltet sind. In der gleichen Studie zeigte sich, dass es einen Unterschied im Vertrauen zu einem menschlichen Kollegen und einem Roboterkollegen gibt. Einem Roboter wird weniger vertraut. Begründet liegt das in den Mustern der sozialen Interaktion zwischen Menschen, welche durch eben jene Gesichter, Stimmen, Bewegungen etc. auch bei menschenähnlichen Robotern wachgerufen werden und zu einem intuitiven Umgang mit dem Roboter anregen, der diesem allerdings (noch) nicht gerecht wird (Brooks, 2002).

Gegner der Humanisierung von Robotern argumentieren, dass eine Unterscheidung und klare Abgrenzung von Menschen zu Maschinen möglich sein sollte, um keine unrealistischen Erwartungen zu wecken oder Verunsicherung bis hin zu Angst zu erzeugen (Turkle, 2005). Kahn und Kollegen (2007) weisen explizit darauf hin, dass in einigen Bereichen wie z. B. in der Industrie (vor allem am Fließband) eine humanoide Gestaltung von Robotern nicht zielführend ist. Zudem fehle humanoid gestalteten Robotern oft das menschliche Verhaltensrepertoire, wodurch wiederum Ängste und Ablehnung entstehen können.

Diese Ängste und Ablehnungen können auch Technik betreffen, wenn sie kooperativ eingesetzt wird. Eine Abneigung gegenüber neuer Technik, aus welchen Gründen auch immer, kann über fehlerhafte Bedienung zu sinkender Arbeitsqualität (Buche et al., 2012) bis hin zu Verletzungen durch Bedienfehler führen. Eine frühzeitige Messung von Akzeptanz ist wichtig für die Implementierung neuartiger Technik (Kummer, Schäfer, & Todorova, 2013).

Die Argumente für eine menschenähnliche Gestaltung zielen vor allem auf einen intuitiven Umgang. Gerade bei Alltagsprodukten mag dies essentiell für deren Akzeptanz sein, dass die Gestaltung sich an Bekanntem orientiert. Allerdings sind im industriellen Umfeld Roboter verschiedenster Gestalt und mit verschiedensten Bedienkonzepten vorhanden. Das Aussehen ist nicht menschenähnlich und die Anwendenden müssen sich daran gewöhnen, ebenso wie deren Bedienung, die nicht in jedem Falle intuitiv ist, erlernt werden muss. Orientiert sich ein neuer kooperativer Roboter in seiner Gestaltung und Bedienung an den schon

vorhandenen Konzepten anderer Maschinen, ist auch keine stark veränderte Reaktion des Anwendenden gegenüber dem kooperativen Roboter verglichen mit bereits vorhandenen Maschinen zu erwarten. Die Gesichtspunkte der Gestaltung und des Bedienkonzepts werden in der vorliegenden Arbeit nicht betrachtet, da sie für die Anwendenden im industriellen Umfeld durch das Vorhandensein von Maschinen ähnlicher Gestaltung und Bedienung keine radikale Neuerung darstellen.

Neben den beabsichtigten Funktionen der Technik wie Leistungssteigerung, Sicherheitserhöhung und Handlungseffizienz (Mayer et al, 2009), beeinflussen kooperative Roboter in ihrer Form und Arbeitsweise den Anwendenden, welcher wiederum arbeitsrelevantes Verhalten aufgrund des kooperativen Roboters verändert (z. B. Hinds et al., 2004; Sanchez, 2006, S. 7). Nicht nur das Aussehen des Roboters, sondern auch dessen Verhalten sowie die technische Reife beeinflussen die Reaktionen auf und den Umgang mit dem Roboter (Weidner et al., 2015). Dadurch zeigt sich, dass kooperative Roboter in mehrerer Hinsicht den Anwendenden in dessen Verhalten beeinflussen.

### **2.1.5 Kooperative Roboter als quasi-soziale Interaktionspartner.**

Kooperativen Robotern werden unabhängig von ihrer Gestaltung menschliche Eigenschaften zugesprochen und eine quasi-soziale Interaktion findet zwischen Anwendendem und Roboter in Form der Mensch-Roboter-Kooperation statt, sodass Regeln der sozial-kognitiven Interaktion zumindest teilweise angewendet werden können (Epley et al., 2007; Nass, Steuer, & Tauber, 1994).

Handelt es sich um den Umgang mit neuer Technik und fehlen Erfahrungen, so wird ein Verhalten gemäß den eigenen Erwartungen an die neue Technik gezeigt (Mayer et al., 2009). Die persönlichen Einstellungen und Erwartungen gegenüber Technik sind verhaltensrelevante Konstrukte, wenn es um deren Akzeptanz geht (Kim, Chun, & Song, 2009). Auch diese Erkenntnisse lassen sich auf kooperative Roboter übertragen. Einstellungen und Erwartungen gegenüber dem kooperativen Roboter beeinflussen demnach das Verhalten.

Die eigenen Erwartungen bestimmen auch, welche weiterführenden Informationen man fokussiert. Häufig werden solche Informationen gesucht, die die eigenen Erwartungen bestätigen (z. B. Jamieson, Lydon, Stewart, & Zanna, 1987; Snyder & Frankel, 1976). Diese werden unbewusst auch besser verarbeitet (Rosenthal, 1976; Rosenthal & Jacobson, 1968).

Bei kooperativen Robotern im Produktionsprozess können Personen für die Erstanwendung nicht auf Erfahrungen zurückgreifen, sondern müssen sich nach ihren Erwartungen richten. Sind diese negativ, werden weitere Informationen favorisiert, welche ein

negatives Bild der neuartigen Technik kooperativer Roboter zeichnen. Da Erwartungen das eigene Verhalten gegenüber kooperativen Robotern beeinflussen (z. B. Madhavan & Wiegmann, 2007; Wickens, Helleberg, & Xu, 2002), ist anzunehmen, dass negative Erwartungen auch das Verhalten gegenüber dem kooperativen Roboter negativ beeinflussen und zu einer Ablehnung führen. Allerdings lassen sich Erwartungen gegenüber neuer Technik beeinflussen (Mayer et al., 2009). So lässt sich unbegründeten Ängsten wie der Angst vor Verletzungen begegnen und die Akzeptanz kann erhöht werden.

Der Einfluss von Erwartungen gegenüber Technik auf das eigene Verhalten wurde mannigfaltig untersucht (z. B. Madhavan & Wiegmann, 2007; Wickens et al., 2002). Dabei wird die erfolgreiche Anwendung der Technik auch von der Einschätzung gegenüber dieser neuen Technik beeinflusst (Buche et al., 2012). Darum gilt es diese möglichst zu Beginn der Interaktion mit dem aus technischen Gesichtspunkten positiven kooperativen Roboter (Entlastung der Mitarbeitenden durch die Übernahme anspruchsvoller und nicht ergonomischer Arbeitsinhalte) auch aus psychologischer Perspektive positiv zu gestalten. Auf diese Weise kann die Akzeptanz positiv beeinflusst werden.

## 2.2 Akzeptanz

Sprachgeschichtlich stammt der Begriff Akzeptanz vom lateinischen „accipere“ und bedeutet annehmen (Wirtz, 2017, S. 120). Diese Definition von Akzeptanz wird, wie sich im Weiteren zeigen wird, der Vielschichtigkeit um den Begriff nicht gerecht, da sie nicht alle Facetten der Akzeptanz berücksichtigt. Daher wird eine weitreichendere und detailliertere Definition benötigt.

Akzeptanz beginnt nach Lucke (1995, S. 104) dort, wo es etwas zu akzeptieren gibt, was nicht aus sich selbst heraus schon eine legitime Daseinsberechtigung hat. Darüber hinaus soll Akzeptanz auch bedeuten, dass auch ein „Nicht-Akzeptieren“, eine Ablehnung, möglich ist. Diese Definition greift über die Alltagsdefinition hinausgehend schon eine mögliche Ablehnung auf. Akzeptanz hat danach sowohl eine positive, als auch eine negative Dimension. Diese einflussreiche Definition sieht Akzeptanz als...

*„...die Chance, für bestimmte Meinungen, Maßnahmen, Vorschläge und Entscheidungen bei einer identifizierbaren Personengruppe ausdrückliche oder stillschweigende Zustimmung zu finden und unter angebbaren Bedingungen aussichtsreich auf deren Einverständnis rechnen zu können“ (Lucke 1995, S. 104)*

Die Definition betont die Einstellungskomponente der Akzeptanz. Akzeptanz ist hier die Verhaltensintention und deren bestimmende Variablen, welche die Zustimmung / tolerierende Bejahung u. a. zu neuer Technik bspw. in Form eines kooperativen Roboters enthalten. Die Akzeptanzforschung untersucht dabei die Gründe für eine Ablehnung bzw. die Zustimmung, mit dem Ziel der Verhaltensvorhersage des Anwendenden (Tacke, 2005, S.1ff). Die Einstellungskomponente sowie das Ziel der Verhaltensvorhersage sind für die vorliegende Arbeit elementar. Aber sie greifen hinsichtlich der praktischen Anwendung noch nicht weit genug, da Einstellungen und Verhalten nicht zwangsläufig übereinstimmen müssen (LaPiere, 1934; siehe Kap. 2.2.1). Daher muss neben den Einstellungen auch das Verhalten berücksichtigt werden.

Weitere Definitionen sehen die Akzeptanz als Einstellungsbegriff ebenfalls zu kurz gegriffen. So wird bspw. ein kooperativer Roboter entweder verwendet oder aber nicht verwendet und somit nicht akzeptiert. Diese Definitionen gehen davon aus, dass sich die Einstellung auch in einer Handlung manifestieren muss (Arndt, 2011, S. 33ff). Van der Laan (1998) verfolgte einen Ansatz, der Akzeptanz als das Ausbleiben von ablehnendem Verhalten definiert. Eine positive Bewertung sei nicht nötig, solange es kein beobachtbares Verhalten gäbe, was der Einführung eines kooperativen Roboters entgegen gerichtet ist. Auch dies ist für die vorliegende Arbeit zu kurz gegriffen, da eine solche Definition keine Erklärung des beobachteten Verhaltens zulässt, sondern allein das Verhalten als Maß der Akzeptanz definiert.

An diesen unterschiedlichen Betrachtungsweisen wird deutlich, dass in der Wissenschaft der Begriff Akzeptanz nicht einheitlich definiert und verwendet wird. Van Ittersum und Kollegen (2006) trugen eine Tabelle mit Begriffen zusammen, die synonym für Akzeptanz und deren Messung verwendet wurden (Tabelle 1).

Tabelle 1

*Verwendung des Begriffs Akzeptanz in Publikationen (van Ittersum et al., 2006)*

Definition der Technikakzeptanz	Anzahl der Studien
adoption	89
use / usage behaviour	44
purchase	15
not defined	13
acceptance	6
other (transfer, social, comprehension)	5

Mittlerweile besteht ein Konsens darüber, dass Akzeptanz von der Einstellung (z. B. Absicht zur Techniknutzung) bis hin zum Verhalten (z. B. Kauf neuer Technik bzw. regelmäßige Nutzung) reicht (Arndt, 2011, S. 37ff). Damit neben der Einstellungskomponente

auch die Verhaltenskomponente der Akzeptanz Berücksichtigung findet, wird die Definition der Technikakzeptanz von Louho und Kollegen (2006) als *Arbeitsdefinition* für die vorliegende Arbeit herangezogen. Danach beschreibt Akzeptanz die Art und Weise wie Menschen Technik wahrnehmen und annehmen. Darin enthalten ist sowohl die Wahrnehmung und damit verbundene Wirkung der Technik auf den Anwendenden (Einstellungsebene) als auch die Verhaltenskomponente; also die Auswirkung der Wahrnehmung auf die Anwendung der neuen Technik (Verhaltensebene). Sowohl die Einstellungs- als auch die Verhaltensebene werden gleichermaßen als Bedingung für Akzeptanz gegenüber Technik verstanden.

### **2.2.1 Einstellung und Verhalten als Komponenten der Akzeptanz.**

Aus der Verbindung von Einstellungs- und Verhaltensebene in der Definition von Akzeptanz ergibt sich, dass die Akzeptanzforschung entweder zurate gezogen wird, wenn etwas nicht akzeptiert wird (Verhalten) oder aber dann, wenn man befürchten muss, dass etwas nicht funktionieren könnte bzw. abgelehnt werden würde (Einstellung). Hierin werden zwei Möglichkeiten der Anwendung der Akzeptanzforschung deutlich: zum einen die Messung der Akzeptanz vor der Technikanwendung und zum anderen die Messung der Akzeptanz nach der Technikanwendung. Während die Messung vor der Technikanwendung rein auf Erwartungen beruht und die realen Bedingungen mit der Technik nicht zwingend widerspiegeln muss, beruht die Akzeptanzmessung nach der Technikanwendung zwar auch auf Erwartungen, diese sind allerdings durch die Technikanwendung beeinflusst. Beides wurde in theoretischer Hinsicht thematisiert (Weidner et al., 2015). Da die Akzeptanz vor der Technikanwendung nicht derjenigen nach der Technikanwendung entsprechen muss (z. B. bedingt durch unerfüllte Erwartungen), ergeben sich durch diese mangelnde Konsistenz zwei Messzeitpunkte für die Akzeptanzmessung mit unterschiedlichen Implikationen der Ergebnisinterpretation. Es lassen sich auf diese Weise auch die Entwicklung der Akzeptanz über die Zeit sowie die Wirkung von Interventionen abschätzen.

Deutlich wird hieran auch, dass Akzeptanz stark einstellungsabhängig ist. Allerdings muss der mangelnden Konsistenz zwischen Einstellung und Verhalten Rechnung getragen werden (LaPiere, 1934). Diese wird auch als Intentions-Verhaltens-Lücke bezeichnet (Renner, Spivak, Kwon, & Schwarzer, 2007) und spielt gerade in der Mensch-Roboter-Interaktion eine entscheidende Rolle, da die Ausgestaltung der Technik ein wichtiger Aspekt der Akzeptanz ist, die Einstellungen beeinflusst und das spätere Verhalten bestimmt (Kap. 2.1.4). Durch die Diskrepanz zwischen geäußerter Einstellung und beobachtbarem Verhalten ist verständlich,

dass beides in der Akzeptanzforschung kombiniert wird, um ein umfassendes Bild des Akzeptanz zeigenden Verhaltens sowie dessen zugrunde liegender Einstellung zu erhalten.

Die subjektive Einstellung lässt sich durch unterschiedliche Methoden beeinflussen (Lievens & Sackett, 2006). Beispielsweise kann durch gezielte Werbung ein Produkt als begehrenswert dargestellt werden. Wenn es um die Vorhersage des Verhaltens geht, muss nicht zwingend ein Kontakt mit der Technik bestanden haben. Die verhaltensbestimmenden Einstellungen lassen auch Vorhersagen über das Verhalten zu, wenn statt dem Kontakt mit der Technik relevante Informationen vermittelt wurden; z. B. während einer frühen Entwicklungsphase (Davis & Venkatesh, 2004).

### **2.2.2 Abgrenzung zu verwandten Begriffen und Kritik.**

Bedingt durch die unterschiedlichen Betrachtungsweisen sowie die daraus resultierende inkohärente Verwendung des Akzeptanzbegriffs, muss dieser für die vorliegende Arbeit nicht nur definiert, sondern auch zu verwandten Begriffen abgegrenzt werden.

Während Akzeptanz nach der Arbeitsdefinition eine subjektive Einschätzung von Individuen bis hin zu daraus resultierendem Verhalten darstellt, beschreibt die Akzeptierbarkeit bzw. die Akzeptabilität, was anhand objektivierbarer Kriterien als akzeptierbar gelten sollte (Schade, 2005, S. 42). Akzeptanz und Akzeptabilität können unabhängig voneinander betrachtet werden. Akzeptabilität bedeutet, dass etwas Hypothetisches als annehmbar angesehen wird (Arndt, 2011, S. 36), wodurch die Verhaltenskomponente entfällt. Sie umfasst demnach nur einen Teil der Akzeptanz nach der Arbeitsdefinition; nämlich die subjektive Einschätzung. Letztendlich werden die Begriffe aber nicht konsequent voneinander unterschieden und z. B. Akzeptanz auch mit Akzeptierbarkeit synonym verwendet (Salvini, Laschi, & Dario, 2010).

Eine Abgrenzung sollte auch zu Verbreitungstheorien für Technik gezogen werden. Verbreitungstheorien sagen die Verbreitung neuartiger Technik in der Gesellschaft vorher. Ein Beispiel hierfür ist die Theorie der Innovationsverbreitung (Rogers, 1995). Deren Faktoren (wahrgenommener Vorteil durch die Technik; Grad an Passung zwischen Technik und vorgesehenem Prozess; Komplexität des Prozesses, für den die Technik eingesetzt werden soll; die Einführung der Technik; Innovation muss bemerkbar sein) können die Annahme neuer Technik vorhersagen (Bertrand & Bouchard, 2008). Dabei beziehen sie sich vor allem auf die freiwillige Annahme neuartiger Technik (Kauf oder Nutzung). Bei Verbreitungstheorien spielen aber weniger die Einstellungen als vielmehr ein als Maß für Akzeptanz verstandenes Verhalten eine entscheidende Rolle, wodurch sie wiederum weniger der Vorhersage von Akzeptanz als vielmehr deren Überprüfung dienen.

### **2.2.3 Kritik an den Zielen der anwendungsorientierten Akzeptanzforschung.**

Schon der Akzeptanzbegriff selbst wird kritisiert. So sei die Akzeptanz nicht notwendig für die Einführung einer Maßnahme (Grunwald, 1999) bzw. die Einführung einer neuen Technik. Allerdings konnte gezeigt werden, dass gerade im Bereich der Technikanwendung eine erhöhte Akzeptanz mit einer niedrigeren Fehlerrate bei der Technikanwendung einhergeht (Buche et al., 2012).

Da die Akzeptanzforschung sich mit Einstellungen beschäftigt, um darüber ein Verhalten zu erklären und dieses Verhalten auch über die Veränderlichkeit der Einstellungen zu verändern, gibt es starke Kritik an diesem Forschungszweig. Die Kritik an der Akzeptanzforschung geht davon aus, dass eine Manipulation erfolgt, um Menschen gegen deren Willen von etwas zu überzeugen (Schade, 2005, S. 45). Wenn dem Verhalten zugrunde liegende Mechanismen untersucht werden, kann das nicht ausgeschlossen werden. Es trifft aber nur insofern zu, als dass Barrieren z. B. für die Techniknutzung identifiziert werden können. Diese können abgebaut werden, um ein verträgliches Maß an Zustimmung zu erhalten. Zu beachten ist auch, dass Einstellungen nicht zwangsweise auf Tatsachen beruhen bzw. nicht objektiv sein müssen (siehe Kap. 2.2.1).

Da die Akzeptanzforschung aber nicht der Schadensminimierung im Nachgang einer Maßnahme dient, sondern durch frühzeitige Einbindung (im Vorfeld) zum Einsatz kommt (siehe Kap. 2.1.4), erfolgt eine Einstellungsanpassung nur insoweit, dass diese im Vorfeld der Arbeit mit dem kooperativen Roboter den realen Bedingungen eher entspricht, indem z. B. Informationen vermittelt werden. Objektive Informationen dienen so als Anker für die Einstellung. Eine positivere Einstellung zu erzeugen, die bei der Technikanwendung enttäuscht wird, ist nicht das Ziel der Akzeptanzforschung.

Kennt man aber die Hindernisse für eine höhere Akzeptanz, lassen sich Maßnahmen bzw. die Technik adaptieren, um ein erträgliches Maß an Zustimmung zu erzeugen (Schade & Schlag, 2003). Gerade das ist vor dem Hintergrund einer obligatorischen Techniknutzung entscheidend. Denn ohne eine grundlegende Akzeptanz gegenüber neuer Technik scheint eine freiwillige Verhaltensanpassung auf die neuartige Technik, die für deren erfolgreichen Einsatz notwendig ist, fraglich.

### **2.3 Akzeptanzmodell: „Unified Theory of Acceptance and Use of Technology“ (UTAUT)**

Es existiert eine Vielzahl an Modellen zur Vorhersage der Akzeptanz gegenüber Technik. Diese wiederum unterscheiden sich vor allem hinsichtlich der Erklärung eines Verhaltens, der Nutzung eines technischen Gerätes. Die UTAUT ist das Resultat einer Zusammenführung

vorhergegangener Erkenntnisse zur Technikakzeptanz. Dafür wurden verschiedene gut belegte Modelle zugrunde gelegt. Eingeflossen in die UTAUT sind auch Adaptionen allgemeingültiger Modelle und Theorien, welche die Akzeptanz von Informationssystemen oder das menschliche Verhalten allgemein in den Fokus stellen. Ausgehend von diesen Erkenntnissen entstand mit der UTAUT eine Theorie zur Erklärung der Technikakzeptanz.

Dabei ist die UTAUT gezielt zur Vorhersage der Technikakzeptanz konzipiert und daher spezifischer als eine Vielzahl der Ausgangsmodelle für diesen Kontext. Die UTAUT (Venkatesh et al., 2003) fokussiert dabei auf die subjektive Einstellung und stellt ein Modell mit Allgemeinheitsanspruch generell für neuartige Technik dar (Venkatesh et al., 2003), wodurch eine Übertragung auf kooperative Roboter gerechtfertigt ist.

Akzeptanztheorien erklären die Nutzung neuartiger Technik, wobei die Nutzung dieser Technik zumeist als maßgebliche abhängige Variable erscheint. Ebenso verhält es sich bei der UTAUT (Venkatesh et al., 2003). Zentral für die UTAUT ist die Nutzung einer technischen Neuerung als Konsequenz eines Akzeptanzprozesses. Damit erfasst die UTAUT gemäß der Arbeitsdefinition Einstellungen sowie Verhalten und bringt beides miteinander in Verbindung.

Eine Übersicht über die Zusammenhänge der Modellvariablen bietet Abbildung 4. Das Verhalten wird über die Nutzung der Technik abgebildet. Dieses wiederum ist beeinflusst durch die Begleitumstände sowie die Nutzungsintention. Die Nutzungsintention ihrerseits ist durch die Einstellungsvariablen des erwarteten Nutzens, des erwarteten Aufwands und des sozialen Einflusses bestimmt.

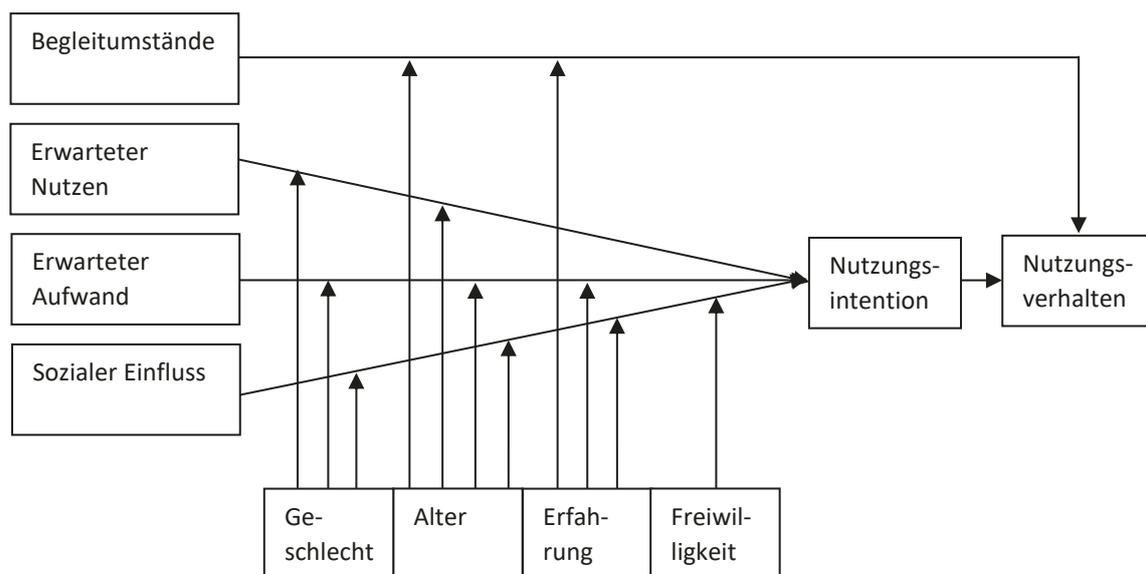


Abbildung 4. Modell der UTAUT.

Darüber hinaus werden Moderatorvariablen für dieses Modell postuliert. Geschlecht, Alter, Erfahrung und Freiwilligkeit in der Nutzung sind als Moderatoren identifiziert worden (Venkatesh et al., 2003). Dabei wird die Freiwilligkeit in der Nutzung nicht als Voraussetzung für die Akzeptanzbetrachtung angesehen (Venkatesh et al., 2003).

Die Variable des erwarteten Nutzens meint die Vorstellung der Person, dass die Nutzung der Technik positiv auf die Aufgabenerfüllung wirkt. Der erwartete Nutzen wurde als wichtigster Einflussfaktor der Akzeptanz für verschiedene Populationen und für verschiedenartige Technik identifiziert (Thong, 1999; Venkatesh et al., 2003). Auch in anderen Bereichen sind nutzenbezogene verglichen mit anderen Faktoren die stärkeren Einflussfaktoren auf die Akzeptanz (z. B. Schade & Schlag, 2004). Welcher der Faktoren im speziellen Anwendungsfall den größten Einfluss ausübt, unterscheidet sich dennoch u. a. abhängig von Populationen und betrachteter Technik (Venkatesh et al., 2011). Die Variable des erwarteten Aufwands beschreibt den Grad, zu welchem Personen glauben, dass der Technikeinsatz ohne zusätzliche Anstrengungen ihrerseits möglich ist. Die Variable des sozialen Einflusses oder der sozialen Norm beschreibt die Vorstellung einer Person, dass für sie wichtige Mitmenschen einer Techniknutzung positiv gegenüberstehen. Die Begleitumstände stellen die Wahrnehmung der Verfügbarkeit von internalen (z. B. Selbstwirksamkeit im Umgang mit Technik) und externalen Hilfen (z. B. Problemlösungsassistenten) zur Techniknutzung für die Anwendung dar.

Durch ihre theoretische Verankerung und experimentelle Überprüfung erhebt die UTAUT einen Allgemeinheitsanspruch für die Untersuchung von Akzeptanz gegenüber technischen Neuerungen (Venkatesh et al., 2003). Durch die Anwendbarkeit in verschiedenen Szenarien (z. B. sozial interaktive Roboter (Shin & Choo, 2011), Telemedizin (Kohnke et al., 2014), elektronische Dienstleistungen (AlAwadhi & Morris, 2008), multinationale Studien zur Annahme von IT (Oshlyansky, Cairns, & Thimbleby, 2007), Mobilgeräte (Anderson, Schwager, & Kerns, 2006)) konnte gezeigt werden, dass eine Übertragbarkeit auf verschiedene Systeme und Populationen möglich ist. Dabei ist oft eine Anpassung des ursprünglichen Modells an die aktuelle Situation möglich und nötig (z. B. Lin & Anol, 2008).

Einige Studien deuten darauf hin, dass die postulierten Modellbeziehung nicht bzw. nicht in jedem Untersuchungskontext existieren (Heerink, Kröse, Evers, & Wielinga, 2010; Li & Kishore, 2006). Eine Metaanalyse mit 37 Studien unterschiedlicher Anwendungskontexte zur UTAUT von Taiwo und Downe (2013) legt nahe, dass vor allem die Modellbeziehung zwischen erwartetem Nutzen und Nutzungsintention besteht. Die Beziehungen des erwarteten Aufwands und des sozialen Einflusses auf die Nutzungsintention hingegen sind schwächer ausgeprägt. Ebenso sind die Beziehungen zwischen Nutzungsintention bzw. Begleitumständen zur Nutzung

schwach. Die Autoren weisen darauf hin, dass die Ergebnisse aufgrund der unvollständigen Angabe statistischer Kennwerte der eingeflossenen Studien mit Vorsicht zu interpretieren sind.

### **2.3.1 Einflussfaktoren auf die UTAUT.**

Die Moderatoren der UTAUT (Alter, Geschlecht und Erfahrung) wurden in einer Vielzahl an Studien als Einflussgrößen auf die Akzeptanz von Technik identifiziert (Breakwell & Fife-Schaw, 1988; Brosnan, 1999; Dickerson & Gentry, 1983; Eriksson-Zetterquist & Knights, 2004; Gefen & Straub, 1997; Gitlin, 1995; Im, Bayus, & Mason, 2003; Mundorf, Westin, & Dholakia, 1993). Auf sie wird in den folgenden Kapiteln eingegangen. Zudem werden Vertrauen und Reaktanz berücksichtigt, die in empirischen Untersuchungen als zusätzliche Einflussfaktoren auf die Technikakzeptanz identifiziert wurden. Allerdings treten sie nicht in jedem Kontext zutage.

#### **2.3.1.1 Alter.**

Das Alter ist als demographische Variable häufig im Zusammenhang mit Technikakzeptanz untersucht worden. In verschiedenen Studien stellte sich das Alter als Prädiktor für Techniknutzung heraus (Claßen, 2012, S. 93ff). Vor allem in der Nutzung von Technik existieren abhängig vom Alter Unterschiede (Geldautomaten, Onlineshopping, Onlinebanking, mobile Internetdienste usw.) (Schliewe, 2011). Zwar existieren auch Studien, die keinen Zusammenhang zwischen dem Alter und der Nutzung von Technik gefunden haben (z. B. Gitlin, 1995). Meist wird jedoch ein negativer Effekt des Alters auf die Nutzung von Technik berichtet. Ältere Menschen nutzen weniger und weniger häufig Technik verglichen mit Jüngeren (Breakwell & Fife-Schaw, 1988; Im et al., 2003).

Dennoch sind Ältere bereit, neue Technik anzuwenden (Burdick & Kwon, 2004, S. 42ff; Czaja, Sharit, Charness, Fisk, & Rogers, 2001; Mitzner et al., 2010). Allerdings haben sie verglichen mit Jüngeren häufiger Probleme, sich an die neue Technik zu gewöhnen (Czaja et al., 2006). Sie gewöhnen sich langsamer an die neue Technik und haben Angst vor Frustration im Umgang mit der Technik (Rogers & Fisk, 2010). Die Anpassung der Person an neue Technik in einer quasi-sozialen Interaktion, wie bei kooperativen Robotern, geschieht im Alter weniger schnell und stark (Mayer et al., 2009).

Das Alter ist aber nicht nur direkter Einflussfaktor auf die Nutzung von Technik. Breakwell und Fife-Shaw (1988) konnten zeigen, dass Ältere neue Technik weniger gut annehmen als Jüngeren. Der Grund dafür liegt darin, dass sich Ältere selbst als nicht in der Lage dazu einschätzten. Hier zeigt sich, dass das Alter auch über Mediatorbeziehungen die

Akzeptanz beeinflusst und vor allem altersabhängige Einstellungen der Grund für eine weniger gute Annahme neuer Technik durch Ältere sind.

Technik kann aber auch und gerade bei Älteren zur physischen Unterstützung genutzt werden. Optimales Design und die Situationsangemessenheit des Technikeinsatzes sollen dazu beitragen, eine geringere Belastung des Menschen durch die Technikanwendung zu erreichen (Charness, Bosman, Birren, & Schaie, 1990). Aber auch kognitive Prozesse können unterstützt und Funktionseinbußen im Alter ausgeglichen werden (Wahl, Claßen, & Oswald, 2010). Technik kann also zum erfolgreichen Altern beitragen. Nach Lindenberger und Kollegen (2008) müssen dafür drei Kriterien erfüllt werden. Erstens müssen durch die Technikanwendung mehr Ressourcen frei werden als durch deren Anwendung erforderlich sind. Zweitens sollte die Technik an die Bedürfnisse des jeweiligen Anwenders adaptierbar sein. Drittens muss der historische und ontogenetische Zusammenhang gesehen werden. Danach kann Technik zum Verlust einer Fähigkeit führen, da diese von der Technik übernommen wird. Allerdings kann Technik auch zum Erlernen neuartiger Fertigkeiten führen, die durch die Technikanwendung erforderlich werden.

Diese Kriterien sind bis auf den ersten Punkt im untersuchten Anwendungsfall nicht vollständig gegeben. Zwar ersetzt der kooperative Roboter komplizierte und anspruchsvolle Arbeitsschritte, deren händische Erfüllung zu erhöhtem Stress bei den Arbeitenden führen kann. Aber der kooperative Roboter ist nicht an den jeweiligen Anwender, sondern nur an die Situation angepasst. Da der kooperative Roboter nicht für jeden einzelnen adaptierbar ist, wird er nicht allen Altersgruppen gleichermaßen in Bedienbarkeit und Funktionsweise gerecht. Hieraus wird ersichtlich, wieso die Berücksichtigung des Alters bei der Einführung des kooperativen Roboters wichtig ist. Unterschiedlich alte Mitarbeitende könnten also unterschiedlich positiv gegenüber der Einführung neuer Technik eingestellt sein. Diesen altersbedingten Unterschied in der Einstellung gegenüber Technik gilt es zu berücksichtigen. Der dritte Punkt des historischen und ontogenetischen Zusammenhangs betrifft auch die „ironies of automation“ (siehe dazu: Bainbridge, 1983). Danach verändern sich durch den Technikeinsatz die Aufgaben des Menschen. Zum einen muss der Mensch die Resttätigkeiten ausführen, welche nicht durch die Technik abgedeckt sind, was zu schlecht gestalteten Aufgaben führen kann, und zum anderen werden durch den Technikeinsatz verlernte Fähigkeiten benötigt, sobald die Technik ausfällt. Der Mensch muss die eigentlich durch die Technik erledigten Aufgaben bei Fehlfunktionen dieser wieder übernehmen. Wenn der Technikeinsatz zum Verlust der Fähigkeiten zur Durchführung der komplizierten und anspruchsvollen Arbeitsschritte führen kann, diese Fähigkeiten aber immer noch verlangt

werden, falls die Technik ausfallen sollte, spricht man von „ironies of automation“. Dies kann dazu führen, dass eben diese anspruchsvollen Arbeitsschritte bei Fehlfunktionen der Technik weniger erfolgreich durch die Arbeitenden ausgeführt werden.

### **2.3.1.2 *Geschlecht und Geschlechtsrolle.***

Nicht nur das Alter, sondern auch Geschlecht und Geschlechtsrolle beeinflussen das Verhalten gegenüber Technik. Wie in sozialen Interaktionen bestimmen diese auch in quasi-sozialen Interaktionen den Umgang miteinander (Kap. 2.1.5). Sowohl das Geschlecht als auch die Geschlechtsrolle werden als verhaltensbestimmend angesehen (Berger, 2010, S. 1).

Das Geschlecht beeinflusst die Akzeptanz (Brosnan, 1999; Mundorf et al., 1993). Außerdem beeinflussen die Geschlechtsunterschiede die Wahrnehmung neuer Technik z. B. über die wahrgenommene Nützlichkeit (Gefen & Straub, 1997; Brosnan, 1999).

Nach Asendorpf (2007, S. 386) ist das Geschlecht „... biologisch definiert und im Geschlechtsstereotyp einer Kultur bzw. eines Individuums sozial verankert.“ Ein biologisches sowie ein psychologisches Geschlecht einer Person ergeben sich daraus. Es existiert auch eine definitorische Trennung zwischen biologischem und psychologischem Geschlecht (Singleton, 1986). Dabei bildet das biologische Geschlecht die Grundlage für das psychologische Geschlecht eines Menschen (Muldoon & Reilly, 1998). Das psychologische Geschlecht wird hier über die Geschlechtsrolle definiert. Die Geschlechtsrolle ist in Anlehnung an Singletons Definition (1986, S. 4) ein Set von Verhaltensweisen und Charakteristika. Diese sind typisch für Männer *bzw.* Frauen.

Obwohl die Abgrenzung der Begrifflichkeiten eindeutig ist, werden die Begriffe dennoch oft synonym verwendet (Berger, 2010, S. 8ff). Das ist nachvollziehbar, da das biologische Geschlecht zum einen die Basis für die Geschlechtsrolle bildet (Muldoon & Reilly, 1998) und zum anderen stark mit ihr korreliert (McCreary & Saucier, 2002). Das bedeutet, dass Frauen oft eine stärker weibliche Geschlechtsrolle und Männer eine stärker männliche Geschlechtsrolle haben. Aber es ist auch möglich, dass Männer eine stärker weibliche und Frauen eine stärker männliche Geschlechtsrolle aufweisen.

Ein biologischer Geschlechtsunterschied im Verhalten zeigt sich bei Neugeborenen. So sind männliche Babys leichter reizbar als weibliche (Ruble & Martin, 1998). Im späteren Verlauf der Entwicklung werden aber Sozialisations- und Lernprozesse für die Verhaltensunterschiede zwischen den Geschlechtern wichtiger. Es konnte gezeigt werden, dass vor allem das psychologische und nicht das biologische Geschlecht eine Auswirkung auf das

Verhalten hat (Berger, 2010). Demzufolge wird das biologische Geschlecht als einfacher Indikator für das psychologische, stärker das Verhalten beeinflussende Geschlecht genutzt.

In der Automobilmontage beträgt der Männeranteil etwa 90% (Kap. 1.1). Bei dieser besonderen Zusammensetzung der Population lässt sich annehmen, dass neben dem Geschlecht vor allem die Geschlechtsrolle für die Vorhersage des Verhaltens geeignet ist. Auch wenn Männer gegenüber Frauen weniger Technikphobie zeigen, mehr Selbstvertrauen in ihre Fähigkeiten, weniger Angst im Umgang mit und größeres Kontrollempfinden gegenüber neuer Technik haben (Broos, 2005), ist das biologische Geschlecht bei einer solchen Verteilung keine geeignete Variable, Unterschiede zwischen Personengruppen widerzuspiegeln. Die Geschlechtsrolle wird daher in der vorliegenden Arbeit berücksichtigt.

In der UTAUT ist das Geschlecht eine Moderatorvariable. Besser als das Geschlecht sagt allerdings die Geschlechtsrolle als verhaltensbestimmende Persönlichkeitseigenschaft Verhalten vorher (Berger, 2010) und korreliert mit dem Geschlecht (McCreary & Saucier, 2002). Der Einfluss des Persönlichkeitsmerkmals Geschlechtsrolle auf die UTAUT ist noch nicht untersucht. Dennoch scheint die Annahme plausibel. Daraus ergibt sich die Frage, ob die Geschlechtsrolle einen Effekt auf die Akzeptanz hat bzw. ob die Geschlechtsrolle einen Einfluss auf die Variablen der UTAUT ausübt.

### ***2.3.1.3 Erfahrung.***

Auch das Ausmaß an Erfahrung mit der neuen Technik beeinflusst die Akzeptanz. Denn eine größere Erfahrung im Umgang mit Technik geht mit geringerer Angst vor dieser Technik einher (Niemelä-Nyrhinen, 2007). Generell geht eine hohe Technikerfahrung mit positiverer Technikbewertung einher (Czaja & Sharit, 1998; Melenhorst & Bouwhuis, 2004).

Experten haben überdurchschnittlich umfangreiches Wissen auf mindestens einem Gebiet oder spezielle Fähigkeiten sowie eine Wissensstruktur, die größere Gedächtniskapazitäten ermöglicht (Chi, 2006). Die Erfahrung in einem spezifischen Wissensgebiet ist ein Merkmal von Expertise (z. B. Krems, 1994, S. 49).

Für die Akzeptanz ist aber weniger die absolute Expertise als vielmehr die erstmalige Erfahrung relevant, da die Akzeptanz nicht auf überdurchschnittlichem Wissen, sondern vor allem auf schon durch ein geringes Maß an Erfahrung und zusätzlichem Wissen veränderbaren Einstellungen beruht (Kap. 2.2.1). Die akzeptanzrelevante Erfahrung gegenüber neuer Technik ist also wesentlich sensibler als Expertise, sodass auch ein geringes Maß an zusätzlicher Erfahrung Effekte ermöglichen kann.

Dabei ist der akzeptanzsteigernde Effekt der Erfahrung nicht nur auf den Umgang mit kooperativen Robotern bezogen. Durch die Flexibilität dieser Technik und der vielfältigen Anwendbarkeit in verschiedenen Situationen, spielt neben der Erfahrung im Umgang mit kooperativen Robotern auch die Erfahrung in der Anwendungssituation des kooperativen Roboters eine Rolle.

#### ***2.3.1.4 Affektive Variablen: Vertrauen, Reaktanz.***

Zusätzlich zu den in der UTAUT enthaltenen Moderatoren Alter, Geschlecht und Erfahrung, konnten auch affektive Variablen als Einflussgrößen auf die Akzeptanz nachgewiesen werden. Unter Affekt versteht man einen besonders starken Gefühlszustand (Arnold, Eysenck, & Meili, 2007, S. 23). Neben den in der UTAUT enthaltenen Einflussfaktoren (erwarteter Nutzen, erwarteter Aufwand, wahrgenommener sozialer Einfluss und wahrgenommenen Begleitumstände), die eine tiefergehende Reflexion gegenüber der eingeschätzten Technik verlangen, stellen affektive Variablen eine zusätzliche Einflussgröße dar, die auch empirisch belegt wurde.

Eine affektive Einflussvariable auf die Akzeptanz ist das Vertrauen. Vertrauen ist definiert als der Glaube einer Person, dass jemand in ihrem Interesse kooperativ handelt, mit dem Ziel der Erfüllung von Erwartungen ohne das Ausnutzen von Schwächen (Pavlou & Fygenson, 2006). Vertrauen kann man nicht nur gegenüber Personen, sondern auch gegenüber Technik empfinden. So zeigte sich Vertrauen in verschiedenen Studien als Einflussfaktor auf die Akzeptanz von Technik (van Ittersum et al., 2006; Venkatesh, Thong, Chan, Hu, & Brown, 2011) und wurde als Einflussfaktor auf die Akzeptanz und damit kritisch für die Markteinführung von Online-Diensten (Carter & Bélanger, 2005; Pavlou & Fygenson, 2006) und Mobilgeräten (Kaasinen, 2008) identifiziert.

Für Erstanwender ist Vertrauen der wichtigste Prädiktor für die Anwendung. Für erfahrenere Anwender hingegen sagt Vertrauen kombiniert mit Nützlichkeit die Anwendung vorher (Gefen, Karahanna, & Straub 2003). Das Wissen über die Verlässlichkeit eines Systems bestimmt den Umgang mit diesem System (z. B. Dixon & Wickens, 2006; Dixon et al., 2007; Meyer, 2001; Meyer, 2004).

Damit einher geht das Vertrauen in Form von „overreliance“ und „underreliance“. Beides hat für kooperatives Arbeiten gravierende Folgen (Hinds et al., 2004) und meint überhöhtes bzw. unberechtigt geringes Vertrauen in eine neue Technik durch den Anwender. „Overreliance“ kann zu Fehlern im kooperativen Arbeiten führen, wenn der Anwender seine Überwachungsaufgabe nicht konsequent durchführt, da er an die fehlerfreie Ausführung durch

die Technik glaubt, obwohl diese Fehler verursachen oder ausfallen kann. „Underreliance“ meint das Gegenteil, nämlich die übersteigerten Bedenken, dass die Technik die für sie vorgesehene Aufgabe nicht erfüllen kann. Ein Anwendender wird vermehrt Zeit aufwenden, um die Technik und deren Arbeitsweise zu kontrollieren, obwohl es nicht nötig und im Setting der getakteten Fließbandarbeit nicht realisierbar ist. Während „overreliance“ mit einem fehlerhaften Arbeitsergebnis verbunden sein kann (qualitative Auswirkungen), kann „underreliance“ vor allem mit einem Zeitverlust des Anwendenden durch die zusätzliche Überwachung der Technik verbunden sein (quantitative Auswirkungen).

Als Gegenpart zum Vertrauen spricht Brehm (1966) im Umgang mit neuer Technik von Reaktanz. Während Vertrauen positiv konnotiert ist, ist es die Reaktanz negativ. Reaktanz meint eine sich im Verhalten äußernde Abneigung. Reaktanz bzw. die tiefgreifende Technikangst beeinflusst die Akzeptanz gegenüber neuer Technik negativ (Weil & Rosen, 1995). Heerink und Kollegen (2010) identifizierten Technikangst als einen Einflussfaktor auf die Einstellung zu Technik.

Der Einfluss der affektiven Variablen Vertrauen und Reaktanz auf die Akzeptanz wurde, ohne dass dieser in der UTAUT postuliert gewesen ist, nachgewiesen (Heerink et al., 2010; Kulviwat, Bruner II, Kumar, Nasco, & Clark, 2007; Venkatesh et al., 2011). Vertrauen in die Technik wurde spezifisch im Zusammenhang mit der Einführung neuer Technik untersucht (Venkatesh et al., 2011) und auch für kooperative Roboter als Einflussfaktor identifiziert (Heerink et al., 2010). Heerink und Kollegen (2010) konnten dies für einen kooperativen Roboter, allerdings nicht im industriellen, sondern im sozialen Bereich, bestätigen. Sie fanden eine vermittelte Beziehung von Vertrauen auf die Nutzungsintention. Da der Untersuchungskontext mit sozial-interaktiven Robotern und dem Kontakt mit Älteren sich deutlich von dem der Automobilproduktion unterscheidet, scheint auch ein direkter Einfluss auf die Akzeptanz in der Automobilproduktion möglich. Denn im Gegensatz zu sozialen Interaktionen, wie bspw. bei der Pflege, sind Roboter und andere Assistenzsysteme verschiedenster Art und Bedienung in der Automobilproduktion bekannt und damit schon vertraut.

Für die Reaktanz gibt es keine entsprechenden Befunde für kooperative Roboter. Aber es werden indirekte Einflüsse von Ängsten auf die Akzeptanz bei kooperativen Robotern berichtet (Heerink et al., 2010). Neben dem Vertrauen als positivem Affekt wird analog zu Brehm (1966) die Reaktanz als negativer Affekt berücksichtigt, auch um den mit der Einführung kooperativer Roboter angesprochenen Ängsten (Kap. 1) Rechnung zu tragen.

Weitere Einflussgrößen neben den bereits vorgestellten werden exploratorisch untersucht. Für sie existieren keine direkten Belege bzgl. deren Einflüsse auf die Technikakzeptanz. Nichtsdestotrotz werden sie als affektive bzw. verhaltensbestimmende Variablen mit aufgenommen, um den Einfluss des Vertrauens und der Reaktanz auf die Technikakzeptanz nicht zu überschätzen. So finden Arbeitszufriedenheit (Thompson & Phua, 2012), Technikaffinität (Karrer, Glaser, Clemens, & Bruder, 2009), affektives Commitment (Allen & Meyer, 1990) sowie Arbeitsmotivation (Kuvaas & Dysvik, 2009) und soziale Erwünschtheit (Stöber, 2001) Berücksichtigung.

### **2.3.2 Ausgangsmodelle.**

Die UTAUT integrierte folgende gut belegte Modelle, die im Weiteren kurz erläutert werden:

- „Theory of reasoned action“ (TRA) (Fishbein & Ajzen, 1980)
- „Theory of planned behavior“ (TPB) (Ajzen, 1988; Ajzen, 1991)
- „Technology acceptance model“ (TAM) (Davis, 1989)
- Motivationale Modelle der extrinsischen und intrinsischen Motivation (einen Überblick bietet: Vallerand, 1997)
- Eine Kombination aus TAM und TPB (C-TAM-TPB) (Taylor & Todd, 1995a)
- „Model of PC utilization“ (Thompson, Higgins, & Howell, 1991)
- „Diffusion of innovation theory“ (Rogers, 1995)

„Theory of reasoned action“ (TRA) (Ajzen & Fishbein, 1980)

Die TRA ist eine sparsame Theorie zur allgemeingültigen Erklärung menschliches Verhalten (Ajzen & Fishbein, 1980). Sie geht nicht von einem direkten Einfluss der Einstellung auf das Verhalten aus (Abbildung 5). Vielmehr wird das Verhalten einer Person durch deren Intention zur Verhaltensausführung bestimmt. Diese wiederum wird beeinflusst durch die Einstellung gegenüber diesem Verhalten sowie durch die subjektive Norm gegenüber diesem Verhalten. Anders als bei damals vorherrschenden Einstellungstheorien wurden nicht Einstellungen gegenüber Personen, Objekten etc., sondern gegenüber Verhaltensweisen berücksichtigt (Frey et al., 1993). Dabei korreliert die Verhaltensintention mit dem tatsächlichen Verhalten. Die TPB zählt zu den Erwartung\*Wert-Theorien und wurde durch eine Vielzahl empirischer Belege in verschiedenen Anwendungskontexten validiert (Ajzen, 1985; Ajzen & Fishbein, 1980). Dennoch können Verhaltensweisen, die nicht der willentlichen

Kontrolle der beurteilenden Person unterliegen, wie z.B. im industriellen Arbeitsumfeld, mithilfe dieser Theorie nur unzureichend vorhergesagt werden.

Problematisch ist die Theorie in Untersuchungsfeldern, bei denen Personen nicht frei entscheiden können, ob sie ein Verhalten zeigen wollen oder nicht (Ajzen, 1985); beispielsweise wenn im Arbeitskontext ein bestimmtes Verhalten erwartet wird oder ein neuer kooperativer Roboter genutzt werden soll.



Abbildung 5. „Theory of reasoned action“ (TRA) (Ajzen & Fishbein, 1980).

„Theory of planned behavior“ (TPB) (Ajzen, 1988)

Die TPB (Ajzen, 1988; Ajzen, 1991) setzt an diesem Kritikpunkt durch die Erweiterung der TRA an und ist eine der einflussreichsten Einstellungstheorien geworden (Abbildung 6). Sie kann anders als die TRA auch auf Situationen angewendet werden, in denen die Verhaltensaussführung nicht vollständig der Entscheidungsfreiheit der Person unterliegt. Nun ist die Intention nicht mehr der einzig direkte Prädiktor für ein Verhalten, sondern ebenso die Verhaltenskontrolle. Diese ist in eine subjektive und objektive Komponente unterteilt. Während die subjektiv wahrgenommene Verhaltenskontrolle und die aus der TRA bekannten Variablen (Einstellung zum Verhalten und subjektive Norm) sich wechselseitig beeinflussende Faktoren der Verhaltensintention darstellen (Ajzen, 1988), wirkt sich die objektive Verhaltenskontrolle (in wie weit ein Verhalten tatsächlich durch eine Person beeinflusst werden kann) direkt auf das Verhalten aus. Die Erweiterung der TRA wird durch die Empirie gestützt. Durch den neuen Faktor der Verhaltenskontrolle konnte die Varianzaufklärung für Verhaltensweisen vergrößert werden (z.B. Ajzen, 1991).

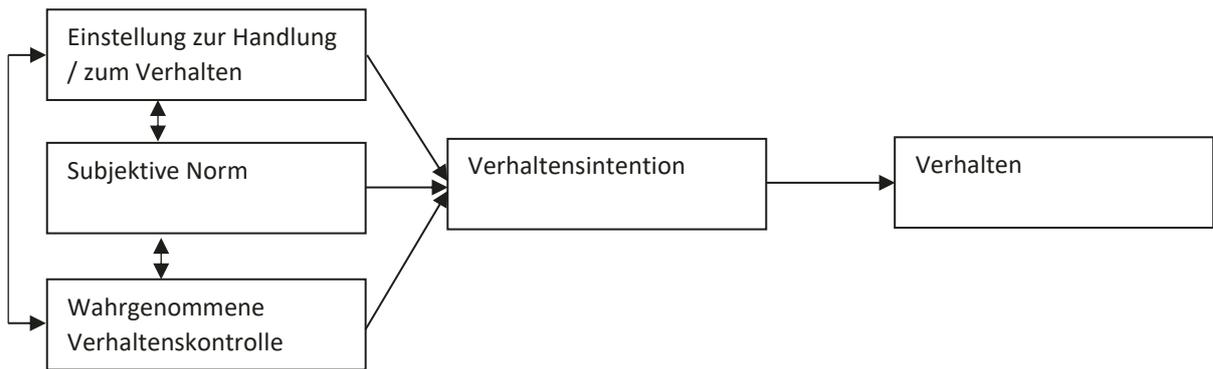


Abbildung 6. „Theory of planned behavior“ (TPB) (Ajzen, 1991).

„Technology acceptance model“ (TAM) (Davis, 1989)

Das „technology acceptance model“ (TAM) war das erste Modell zur Erklärung der Akzeptanz von Technik (Heerink et al., 2010). Es ist eines der einflussreichsten Modelle zur Technikakzeptanz (Li, 2008).

Das TAM (Davis, 1989) baut auf der TRA auf und befasst sich explizit mit der Einstellung und dem Verhalten im Kontext der Techniknutzung. Für eine ausführliche Beschreibung der geschichtlichen Entwicklung siehe Chuttur (2009). Das TAM beschreibt Einflüsse auf die Nutzungsintention, welche wiederum die tatsächliche Nutzung von Technik beeinflusst. Dadurch kann das TAM die Akzeptanz neuer Technik vorhersagen und Personen- sowie Gruppenunterschiede in der Techniknutzung erklären. Die Grundannahmen des TAM sind in Abbildung 7 dargestellt. Die Faktoren erwartete Nützlichkeit und wahrgenommene Einfachheit der Handhabung beeinflussen die Intention zur Benutzung von Technik und diese wiederum die tatsächliche Nutzung der Technik.

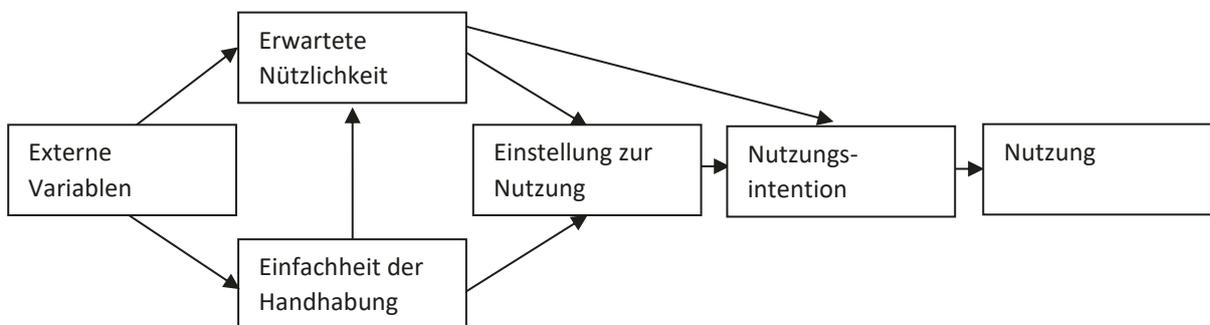


Abbildung 7. Technik-Akzeptanz-Modell (Davis, 1989): Grundannahmen.

Metaanalysen zeigen die Robustheit der Theorie. Das TAM erwies sich als erklärendes und prädiktives Modell der Nutzung verschiedener Technik. Sowohl die Modellbeziehungen als auch die Anwendbarkeit des TAM in verschiedenen Kontexten konnten belegt werden (Lederer, Maupin, Sena & Zhuang, 2000; King & He, 2006). Auf dem TAM basierende Interventionen rufen eine hohe Nutzungsrate für Technik in verschiedenen Kontexten hervor, vornehmlich bezogen auf Informationssysteme (z. B. Chen, Li, & Li, 2011; Masrom, 2007; Park, 2009).

Was das TAM nicht leistet, ist der Einbezug sozialer Interaktion mit Technik. Unter dem Gesichtspunkt „lernfähiger“ Technik, der Anpassung der Technik an den Menschen und im Speziellen kooperativer Roboter, ist dieser Aspekt allerdings immens wichtig (Kap. 2.1.5). Beispielsweise fehlt die Berücksichtigung der sozialen Norm bei der Nutzung neuartiger Technik (Malhotra & Galletta, 1999).

### Motivationale Modelle der extrinsischen und intrinsischen Motivation

Zur Erklärung der Motivation existiert in der Psychologie eine Vielzahl an Modellen. Davis adaptierte für das TAM ein motivationales Modell für Informationssysteme, um die Annahme sowie Nutzung neuer Technik zu erklären (Venkatesh et al., 2003). Bezug genommen wird dabei immer auf die extrinsische sowie intrinsische Komponente der Motivation. Die Komponente der extrinsischen Motivation enthält eine instrumentelle Abwägung der Vorteile der Techniknutzung bzw. des Erreichens von Zielen durch die Technikanwendung. Die Komponente der intrinsischen Motivation stellt die Wahrnehmung der Anwendenden dar, dass die neue Technik nicht angewendet wird, um ein spezielles Ziel zu erreichen oder auf Grund externer Verstärkung, sondern eher aus der Aufgabenerfüllung mit der Technik selbst heraus (Davis, Bagozzi, & Warshaw, 1992). Für einen Überblick zu intrinsischer und extrinsischer Motivation siehe Vallerand (1997).

### Eine Kombination aus TAM und TPB

Eine Kombination aus der TPB und des TAM wurde ebenfalls zur Erklärung der Technikakzeptanz herangezogen (Taylor & Todd, 1995a). Verschiedene Faktoren aus TAM (wahrgenommene Nützlichkeit) und TPB bzw. TRA (Einstellung zum Verhalten, subjektive Norm, wahrgenommene Verhaltenskontrolle) erklären in Kombination einen Großteil der Varianz für Technikakzeptanz (Taylor & Todd, 1995a) für erfahrene sowie unerfahrene Anwendende. Dabei ist bei erfahrenen Anwendenden die Beziehung zwischen Intention und

Verhalten stärker als bei Unerfahrenen. Die Varianzaufklärung ist gegenüber derjenigen der Ausgangsmodelle erhöht.

„Model of PC utilization“ (Thompson et al., 1991)

Gegensätzlich zur TPB bzw. TRA erklärte die Theorie der PC-Nutzung speziell Technikakzeptanz (Thompson et al., 1991). Sie baut auf der Theorie menschlichen Verhaltens auf (Triandis, 1977). Diese wurde auf Informationssysteme angepasst, um die PC-Nutzung vorherzusagen. Neben der sozialen Norm, beeinflussen Faktoren erwarteter Konsequenzen (Komplexität der Anwendung, Passung zwischen Job und Können am PC, Langzeitfolgen) die Nutzung von Computern.

„Diffusion of innovation theory“ (DIT) (Rogers, 1995)

Die DIT entstammt der Soziologie. Mit ihrer Hilfe lassen sich Innovationen miteinander vergleichen bzw. der Prozess zur Annahme oder Ablehnung einer Innovation beschreiben. Sie beinhaltet fünf Anwendermerkmale, Merkmale des sozialen Umfelds sowie Innovationsmerkmale. Ergänzt wurden die Freiwilligkeit der Nutzung und der Grad, zu dem die Nutzung einer Innovation den wahrgenommenen Status in einer sozialen Gruppe verbessert. Empirische Belege bestätigen die prädiktive Validität dieser Konstrukte zur Akzeptanzvorhersage (Moore & Benbasat, 1996).

„Social cognitive theory“ (Bandura, 1986)

Die sozial-kognitive Theorie (Bandura, 1986) bildet die Grundlage für eine Adaption zur Verhaltensprädiktion bei der PC-Nutzung (Compeau & Higgins, 1995). Durch die grundlegende Theorie wurde eine Verallgemeinerung auf die Akzeptanz und Nutzung von Informationssystemen möglich

Die UTAUT integrierte diese Modelle und erreicht so eine höhere Varianzaufklärung verglichen mit den einzelnen Ausgangsmodellen (Venkatesh et al., 2003). Nach der Veröffentlichung der UTAUT wurden allerdings noch weitere Modelle zur Erklärung der Akzeptanz gegenüber Technik entwickelt. Parallel zur UTAUT wurde als einflussreiches Akzeptanzmodell das TAM weiterentwickelt. Eine Abgrenzung zu diesen später postulierten Akzeptanzmodellen wird im folgenden Kapitel vorgenommen.

### 2.3.3 Parallel zur UTAUT weiterentwickelte Technikakzeptanzmodelle: TAM 2, TAM 3 und UTAUT 2.

Ein Kritikpunkt am TAM ist, dass es nicht zur Erklärung der Akzeptanz in dem Sinne beiträgt, dass ein Vorgehen zur Beeinflussung von Nutzerfreundlichkeit und Akzeptanz gegenüber Technik entwickelt werden kann, konstatieren Bertrand und Bouchard (2008).

*„Venkatesh (2000) adds that the TAM is a good model but that it does not help understand and explain the acceptance of a technology in a way that promotes the development of a strategy having a real impact on the usability and acceptance of the technology. (Bertrand & Bouchard, 2008)*

In einer Weiterentwicklung des TAM entstand daraufhin das TAM 2, welches in vier Längsschnittstudien bestätigt wurde (Venkatesh & Davis, 2000). Es stellt eine Erweiterung der ursprünglichen Theorie dar. Die erwartete Nützlichkeit sowie der erwartete Aufwand beeinflussen die Einstellung zur Nutzung und werden wiederum durch externale Faktoren beeinflusst. Diese stärkere Ausdifferenzierung gegenüber dem TAM ist in Abbildung 8 dargestellt. Das TAM 2 enthält auch den sozialen Einfluss (subjektive Norm, Image, Freiwilligkeit) sowie kognitive Prozesse (Jobrelevanz, Outputqualität, Ergebnisklarheit). Entwickelt und bestätigt wurde das TAM 2 für Informationstechnik in Form von Lernwebsites (Jonas & Norman, 2011), im Gesundheitswesen (Kummer et al., 2013) und für soziale Netzwerke (Moeser, Moryson, & Schwenk, 2013).

Im Jahr 2008 veröffentlichten Venkatesh und Bala das TAM 3 (Venkatesh & Bala, 2008). Prinzipiell bleiben das TAM 2 und dessen Faktoren erhalten und es findet eine noch stärkere Differenzierung durch die Hinzunahme von Anker- und Justierungsvariablen als Einflussfaktoren auf die Einfachheit der Handhabung statt. Zudem werden Wechselwirkungen durch die Erfahrung der Systemnutzung angenommen. So wird den Autoren zufolge durch die Integration vieler Einzelfaktoren ein Gesamtmodell für die Technikakzeptanz von Anwendern geschaffen. Dies bestätigt sich auch in vier Längsschnittstudien (Venkatesh & Bala, 2008). Dabei ist das TAM 3 allerdings explizit auf die Erfassung der Technikakzeptanz bei Computerinnovationen beschränkt. Dafür fanden sich in verschiedenen Kontexten Belege (Agudo-Peregrina, Hernández-García, & Pascual-Miguel, 2014; Behrend, Wiebe, London, & Johnson, 2011; Mosley, 2013).

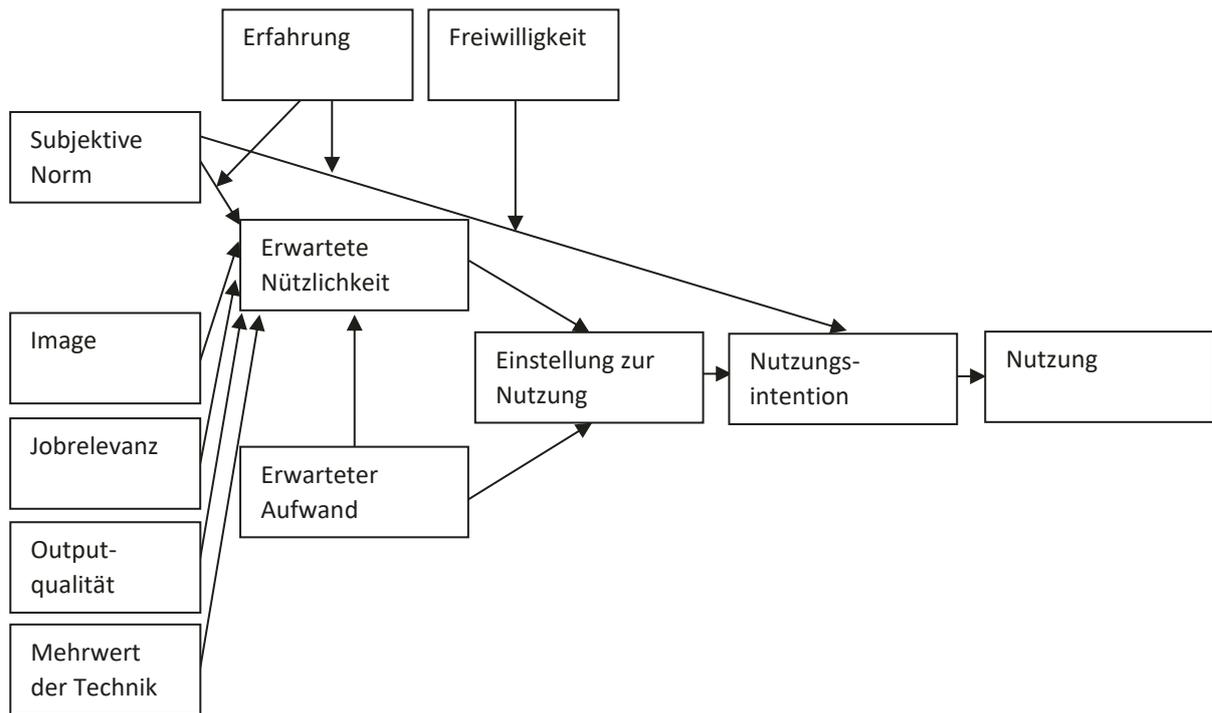


Abbildung 8. TAM 2: Grundannahmen.

Auch die UTAUT wurde weiterentwickelt. Die aus dieser Forschung entstandene UTAUT 2 (Venkatesh, Thong, & Xu, 2012) stellen eine Erweiterung der UTAUT um gleich drei Faktoren für eine verbesserte Vorhersage der Konsumentenakzeptanz vor. Die UTAUT 2 ist allerdings explizit auf die Kohorte der Konsumenten ausgerichtet. Da diese frei über eine Technikanwendung entscheiden können, ist der Moderator der Freiwilligkeit der Nutzung aus der UTAUT nicht übernommen worden. Freiwilligkeit der Nutzung ist für die Anwendung der UTAUT 2 eine Voraussetzung.

Den Weiterentwicklungen des TAM fehlt die für die UTAUT zentrale Annahme der Verallgemeinerbarkeit auf verschiedene neuartige Technik. Zwar lassen sich aus TAM 2 und TAM 3 verschiedene Vorgehen zur Beeinflussung der Akzeptanz gegenüber Technik ableiten, allerdings beziehen sich beide Modelle explizit auf Informationstechnik (Venkatesh & Bala, 2008; Venkatesh & Davis, 2000). Dadurch sind sie nicht geeignet für die Anwendung in einem Kontext mit physischen Unterstützungssystemen. Für die Anwendung der neuartigen Technik kooperativer Roboter in der Anwendungssituation Automobilmontage sind TAM 2 und TAM 3 daher weniger gut geeignet als die UTAUT, zumal die starke Ausdifferenzierung des TAM 2 und vor allem des TAM 3 für die Anwendung in Untersuchungen wenig praktikabel ist. Schon die weniger stark ausdifferenzierte UTAUT ist aus Gründen der praktikablen Anwendung in ihrer Gesamtheit kaum untersucht (Williams, Rana, Dwivedi, & Lal, 2011). Die UTAUT 2

wiederum ist einerseits direkt für die Untersuchung von Konsumentenverhalten ausgerichtet und setzt die Freiwilligkeit der Nutzung einer neuartigen Technik voraus. Dadurch ist auch diese nicht für die Anwendung im industriellen Kontext geeignet.

### **2.3.4 Kritik an der UTAUT.**

Die Weiterentwicklung von Theorien im Bereich der Technikakzeptanz zeigt auch, dass die UTAUT trotz ihrer theoretischen Fundierung und empirischen Belege nicht endgültig ist. Williams und Kollegen (2011) untersuchten 450 Artikel, welche die UTAUT zitierten. Sie gehört demnach zu den populärsten Theorien der Technikakzeptanz, allerdings hatten nur 43 der 450 untersuchten Artikel die UTAUT oder deren Modellvariablen in einer empirischen Untersuchung genutzt. Empirische Untersuchungen, welche die UTAUT vollständig erfassten, machen nur 3,6% der Gesamtzitationen aus. Alle weiteren Zitationen dienten vor allem der theoretischen Begründung (Williams et al., 2011). Die Autoren gehen von einer überhöhten Wahrnehmung der UTAUT als prägende Akzeptanztheorie aus, die zwar durch die Anzahl an Zitationen, nicht aber durch empirische Untersuchungen nahegelegt wird.

Eine Metaanalyse zeigt Grenzen der theoretischen Fundierung der UTAUT in der empirischen Forschung auf (Taiwo & Downe, 2013). So waren häufig nur schwache Modellbeziehungen zu finden und weitere varianzaufklärende Einflussvariablen zusätzlich zur UTAUT, z.B. Vertrauen (Heerink et al., 2010; Kulviwat et al., 2007; Venkatesh et al., 2011), konnten identifiziert werden. Die teilweise Bestätigung der UTAUT-Modellbeziehungen in interkulturellen Studien (z. B. MP3-Player und Internetbanking in Korea (Im, Hong, & Kang, 2011)) führte zum Vorschlag, die UTAUT um einen kulturellen Faktor zu erweitern. Die teilweise Bestätigung bei Untersuchungen in verschiedenen Organisationskontexten führte zum Vorschlag eines kontextspezifischen Faktors zur Erweiterung der UTAUT (Akbar, 2013, S. 3f). Auch Venkatesh und Kollegen (2012) schlugen eine Erweiterung der UTAUT um gleich drei Faktoren für eine verbesserte Vorhersage der Konsumentenakzeptanz vor.

An anderen Akzeptanzmodellen wird ebenfalls Kritik geübt. Li (2008) fasste in einem Review zusammen, wann Technikakzeptanzmodelle in ihrer postulierten Beziehung nicht zutrafen.

### **2.3.5 Anpassungsfähigkeit der UTAUT auf Technik und Situation.**

Trotz der angesprochenen Kritik eignet sich die UTAUT für die Betrachtung der Akzeptanz kooperativer Roboter im industriellen Kontext zum einen durch die Generalisierbarkeit auf verschiedene Formen neuartiger Technik und zum anderen durch ihre Übertragbarkeit auf verschiedene Situationen. Zusätzlich ist die Freiwilligkeit der Gerätenutzung nicht wie in anderen Modellen eine Voraussetzung zur Akzeptanzbetrachtung, was für den industriellen Kontext von großer Bedeutung ist. Da eine Übertragung auf industriell genutzte Roboter sowie auf den industriellen Kontext für die UTAUT noch ausstehen, ist für die Akzeptanzbetrachtung eine Modellübertragung erforderlich. Die UTAUT ist zudem geeignet als Theorie für die Akzeptanzbetrachtung, da jedes der zugrunde liegenden Ausgangsmodelle für sich genommen weniger Varianz in der Technikakzeptanz aufklärt als die UTAUT (Venkatesh et al., 2003).

Ähnlich den Ausgangsmodellen lässt sich die UTAUT auch auf verschiedene Situationen übertragen. Die Theorie ist auf unterschiedliche Kontexte und verschiedenartige Technik anwendbar (Nasution, 2007; Venkatesh et al., 2003; Venkatesh, et al., 2011). Auf die Wichtigkeit des Kontextes weisen Venkatesh und Kollegen (2012) explizit hin. Je nach Kontext können andere Variablen für die Erklärung der Akzeptanz von Bedeutung sein.

Ursprünglich konzipiert und validiert wurde die UTAUT für die Akzeptanz neuartiger Unterhaltungselektronik. Zusätzlich betonten Venkatesh und Kollegen (2003) schon bei der ersten Publikation, dass die UTAUT ein Allgemeinheitsanspruch für unterschiedliche Technik hat. So wird die UTAUT immer wieder erweitert und angepasst (z. B. Wixom & Todd, 2005). Getestet wurde die UTAUT unter anderem für soziale interaktive Roboter (Heerink et al., 2010). Shin und Choo (2011) konnten u. a. die UTAUT als Grundlage verwenden, um ein Akzeptanzmodell für sozial interaktive Roboter aufzustellen, welches allerdings explizit nicht für Roboter in nicht sozialen Interaktionen gedacht ist.

Die UTAUT stellt mit ihrer Fundierung das zurzeit vielversprechendste Technikakzeptanzmodell dar und ist aufgrund der Anpassungsfähigkeit an verschiedene Szenarien (Attuquayefio, 2014) zur Adressierung der Untersuchungsfragen auf den neuen Untersuchungskontext der Mensch-Roboter-Kooperation in der Automobilproduktion (Kap. 1.1) geeignet.

### 2.3.6 Ableitung einer Intervention.

Die Praxistauglichkeit der UTAUT zeigt sich nicht nur in der Anwendbarkeit für unterschiedliche Technik in unterschiedlichen Situationen, sondern auch darin, dass sich aus ihr direkt Interventionen zur Beeinflussung der Akzeptanz ableiten lassen. Zudem ist sie geeignet, Veränderungen der Akzeptanz über die Zeit zu detektieren (Venkatesh et al., 2003).

Um die passende Intervention zu wählen, muss der quasi-soziale Charakter der Mensch-Roboter-Interaktion in diesem Zusammenhang beachtet werden. Demnach lassen sich Befunde aus der menschlichen Interaktion, wie die Kontakthypothese (Allport, 1954), auf die Mensch-Roboter-Interaktion übertragen. Nach der Kontakthypothese ermöglicht der Kontakt zu einer Personengruppe eine differenziertere Auseinandersetzung und den Abbau von Vorurteilen gegenüber dieser Personengruppe. Eine Interaktion kann also die Einstellung gegenüber Personen verändern. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Beurteilung von Personen von der Art deren Präsentation abhängig ist (Cook & Lawrence, 1990). Gleiches lässt sich auf Technik übertragen.

Auch im Kontext der Technikinteraktion zeigen sich Unterschiede in der Wirkung von Interventionen abhängig von der Darbietungsform. Die Beeinflussung konnte für Beschreibungen schon gezeigt werden (Mayer et al., 2009). Zur Beschaffung von Informationen über neue Technik gibt es verschiedene Wege. Neben Zeitschriften, welche darüber berichten, kann man die Produkte in Geschäften ansehen und sich dazu beraten lassen oder sie eventuell bei Freunden, die diese schon erworben haben, ausprobieren. Lievens und Sackett (2006) wiesen unterschiedliche Beurteilungen neuer Technik abhängig von der Darbietungsform nach.

Neben der Darbietungsform spielt auch die Art der Information eine Rolle. Bestehende Erwartungen bestimmen die weitere Informationssuche (z. B. Jamieson et al., 1987; Snyder & Frankel, 1976); meist zur Bestätigung der bestehenden Erwartungen. Die eigenen Erwartungen gegenüber Technik wiederum wirken sich auf das eigene Verhalten aus (z. B. Madhavan & Wiegmann, 2007; Wickens et al., 2002). So hängt die erfolgreiche Anwendung der Technik auch von der Einschätzung gegenüber dieser neuen Technik ab (Buche et al., 2012). Hier eröffnet sich durch zielgerichtetes Informieren die Möglichkeit bestehende Erwartungen zu verändern.

Neben der Darbietungsform muss zusätzlich die Art der Information beachtet werden, will man eine Intervention ableiten, welche die Akzeptanz beeinflussen soll.

## 2.4 Zusammenfassung des theoretischen Hintergrundes

Kooperative Roboter bieten Vorteile für die industrielle Produktion. Wegen ihrer Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung, Kostenersparnis oder auch ergonomischen Verbesserungen von Arbeitsaufgaben steigt ihre Verbreitung (Helms & Meyer, 2005).

Kooperative Roboter haben eine eindeutige Definition nach DIN EN ISO 8373 (Deutsches Institut für Normung, 2010). Sie ähneln in ihren Merkmalen Industrierobotern, kommen aber ohne physischen Schutzzaun aus, da Sicherheitstechnik in deren System implementiert ist. Dabei arbeiten sie anders als herkömmliche Industrieroboter arbeitsteilig (Bratman, 1992) und in einer quasi-sozialen Interaktion (Bowers et al., 1996) mit dem Anwender auf dasselbe Ziel hin. Durch die technische Vielfalt existieren verschiedene Klassifikationen, um kooperative Roboter einordnen zu können. Die Einordnung hängt dabei von der Gestaltung der Technik und der konkreten Anwendungssituation mit dem Grad der Kooperation zwischen Roboter und Anwender ab. Daher ist es zur Klassifikation eines kooperativen Roboters wichtig, Kenntnis über die konkrete Anwendungssituation zu haben.

Die technische Gestaltung, der Grad an Kooperation sowie die konkrete Ausgestaltung der Arbeitssituation sind wichtig für die Einführung kooperativer Roboter in den Produktionsprozess, da sie die Akzeptanz der späteren Anwender beeinflussen. Diese wiederum wirkt sich auf das Verhalten der Anwender bis zur Arbeitsqualität aus (Buche et al., 2012). Aus diesem Grund ist es wichtig, die Akzeptanz bei der Einführung dieser neuartigen Technik in der Produktion in Form der kooperativen Roboter zu betrachten.

Die Akzeptanz setzt sich aus Einstellungen und daraus resultierendem Verhalten z. B. gegenüber einem kooperativen Roboter zusammen (Arndt, 2011, S. 33ff). Sie beschreibt die Art und Weise wie Menschen den kooperativen Roboter wahrnehmen und annehmen (Louho et al., 2006). Dabei umfasst sie eine Vorhersage des Verhaltens im Vorfeld der Technikanwendung und eine Überprüfung der Einstellung nach der Technikanwendung und lässt sich durch diese umfassende Betrachtungsweise von Einstellungen und daraus resultierendem Verhalten auch von verwandten Begriffen wie Akzeptierbarkeit und Akzeptabilität (Schade, 2005, S. 42) sowie Verbreitungstheorien (z. B. Rogers, 1995) abgrenzen.

Allerdings wird der Akzeptanzbegriff an sich schon kritisiert. So sei für die Einführung einer Maßnahme Akzeptanz nicht zwingend nötig (Grunwald, 1999). Durch die Auswirkung der Akzeptanz auf das Verhalten, welches sich wiederum im Arbeitsprozess niederschlagen kann (Buche et al., 2012), ist dieser Kritikpunkt aber weniger relevant als die Kritik an den Zielen einer umfassenden Akzeptanzbetrachtung in der anwendungsorientierten Forschung.

Durch die Beeinflussbarkeit der Akzeptanz (Lievens & Sackett, 2006) wird eine Manipulation der Anwender möglich. Allerdings dient die Akzeptanzforschung nicht der Manipulation der Anwender, sondern der Identifizierung von unbegründeten Hindernissen einer erhöhten Akzeptanz sowie der Einstellungsanpassung an die realen Gegebenheiten (Schade & Schlag, 2003).

Um die Akzeptanz zu untersuchen, wird auf die „unified theory of acceptance and use of technology“ (UTAUT) (Venkatesh et al., 2003) zurückgegriffen. Diese ist eine der am meisten zitierten Theorien zur Technikakzeptanz und integriert in ihrer Konzeption mehrere gut belegte Modelle. Jedes dieser Ausgangsmodelle erklärt weniger Varianz in der Technikanwendung als die UTAUT (Venkatesh et al., 2003). Sie erklärt die Technikanwendung durch Einstellungsvariablen der wahrgenommenen Begleitumstände sowie der Nutzungsintention. Die Nutzungsintention wiederum wird durch den erwarteten Nutzen durch die Technik, den erwarteten Aufwand bei der Technikanwendung sowie den sozialen Einfluss z. B. durch Freunde oder Arbeitskollegen beeinflusst. All diese Variablen sind an denen der Ausgangsmodelle angelehnt und als relevant für die Akzeptanz identifiziert worden.

Als Moderatorvariablen enthält das Modell Alter, Geschlecht, Erfahrung und Freiwilligkeit in der Nutzung (nicht zwingende Voraussetzung zur Modellanwendung). Alter ist ein Prädiktor der Techniknutzung (Claßen, 2012, S. 93ff). So gewöhnen sich Ältere langsamer an neue Technik und haben Angst vor Frustration im Umgang mit der Technik (Rogers & Fisk, 2010). Ältere Menschen sind aber bereit neue Technik anzuwenden (Burdick & Kwon, 2004, S. 42ff; Czaja et al., 2001; Mitzner et al., 2010). Neben dem Alter wird die Akzeptanz durch das Geschlecht beeinflusst (Brosnan, 1999; Mundorf et al., 1993). Außerdem beeinflussen die Geschlechtsunterschiede die Wahrnehmung neuer Technik z. B. über die wahrgenommene Nützlichkeit (Gefen & Straub, 1997; Brosnan, 1999). Die Technikerfahrung geht generell mit positiverer Technikbewertung einher (Czaja & Sharit, 1998; Melenhorst & Bouwhuis, 2004). Auch Vertrauen zeigte sich in verschiedenen Studien als Einflussfaktor auf die Akzeptanz von Technik (van Ittersum et al., 2006; Venkatesh et al., 2011).

Weitere Technikakzeptanzmodelle, die sich parallel zur UTAUT entwickelten sind TAM 2 (Venkatesh & Davis, 2000) und TAM 3 (Venkatesh & Bala, 2008). Während das ursprüngliche TAM (Davis, 1989) in die Konzeption der UTAUT einfluss, sind dessen Weiterentwicklungen ebenso geeignet die Akzeptanz von Technik vorherzusagen wie die UTAUT. Allerdings sind TAM 2 und TAM 3 deutlich komplexer als die UTAUT und damit in der Praxis schwer in ihrer Gesamtheit überprüfbar.

Die UTAUT hingegen wird vor allem wegen der in einigen Kontexten schwachen Modellbeziehungen sowie die Steigerung der Varianzaufklärung durch die Hinzunahme weiterer, nicht im Modell vorgesehener Variablen kritisiert. Nichtsdestotrotz ist durch die Möglichkeit der Anwendung der UTAUT in verschiedenen Kontexten (Venkatesh et al., 2012) und auf verschiedene Technik (Venkatesh et al., 2003) die UTAUT geeignet kooperative Roboter in einem neuen Untersuchungsfeld der Automobilproduktion zu betrachten.

## **2.5 Entwicklung des Untersuchungsansatzes und der Forschungsfragen**

An der Kritik der UTAUT setzt die vorliegende Arbeit an. Die UTAUT wird auf ein neues Untersuchungsfeld übertragen (neuartige Technik der kooperativen Robotik sowie obligatorische Techniknutzung im industriellen Kontext). Die Möglichkeit der Erweiterung der UTAUT durch weitere Faktoren, die seit ihrer Veröffentlichung als relevant identifiziert wurden, wird untersucht. Darüber hinaus wird die UTAUT genutzt, um neben der Erklärung von Akzeptanz diese Erkenntnisse zur Veränderung der Akzeptanz gegenüber kooperativen Robotern zu nutzen.

### **2.5.1 Zielstellung.**

#### **1. Modellanwendung und -anpassung in einem neuen Kontext**

Die „unified theory of acceptance and use of technology“ (UTAUT) (Venkatesh et al., 2003) vertritt einen Allgemeinheitsanspruch für die Akzeptanz neuartiger Technik. Sie lässt sich auf kooperative Roboter übertragen und kann an einen neuen Kontext angepasst werden (Heerink et al., 2010). In einem ersten Schritt der Untersuchung soll daher das Modell der UTAUT auf kooperative Roboter in der Automobilproduktion angewendet werden und es sollen für diesen Kontext relevante Modellbeziehungen identifiziert werden. Da die UTAUT auch durch die Hinzunahme weiterer Variablen adaptiert werden kann (Venkatesh et al., 2012), soll die UTAUT für den Untersuchungskontext ggf. angepasst und durch zusätzlich relevante Modellvariablen erweitert werden.

#### **2. Untersuchung einer möglichen Ursache für Akzeptanzunterschiede**

Die Akzeptanz gegenüber neuartiger Technik steigt, wenn frühzeitig ein Kontakt mit ihr besteht (van Ittersum et al., 2006). Darauf aufbauend soll untersucht werden, inwieweit die Erfahrung mit kooperativen Robotern einerseits und die Erfahrung mit der Situation der Automobilmontage andererseits die Akzeptanz den kooperativen Robotern gegenüber beeinflussen.

### 3. Erhöhung der Akzeptanz

In einem dritten Schritt der Untersuchung soll experimentell festgestellt werden, auf welche Weise die Akzeptanz erhöht werden kann. Einstellungen gegenüber neuartiger Technik können durch deren Präsentationsform beeinflusst werden (Lievens & Sackett, 2006). Die Akzeptanz gegenüber einem kooperativen Roboter soll durch die Präsentationsform vor dessen Nutzung erhöht werden. Dafür wird ein auf der UTAUT basierendes Interventionskonzept getestet. Die Intervention soll die Akzeptanz im Vorfeld der Anwendung positiv beeinflussen.

#### **2.5.2 Untersuchungsmodell.**

Durch die Vielzahl an Modellen ergibt sich die Frage nach der Auswahl der UTAUT als Grundlage für die Untersuchungen. Für ihre Ausgangsmodelle ist dies eindeutig vor dem Hintergrund, dass die UTAUT im Bereich der Technikakzeptanz die größte Varianzaufklärung des Verhaltens (Techniknutzung) verglichen mit ihren Ausgangsmodellen aufweist (Venkatesh et al., 2003). Andere Modelle wie die Erweiterungen des TAM in Form des TAM 2 und TAM 3 oder die UTAUT 2 betreffen zwar ebenfalls die Technikakzeptanz, allerdings in speziellen Anwendungsszenarien und sind somit weniger allgemein gültig bzw. nicht im industriellen Kontext bzw. nicht auf kooperative Roboter anwendbar (Kap. 2.3.3). Diese scheinen für die praktische Anwendung, zur Erklärung und Ableitung einer Intervention mit dem Ziel einer Akzeptanzsteigerung bei kooperativen Robotern weniger geeignet als die UTAUT mit ihrem Allgemeinheitsanspruch über technische Innovationen hinweg und ihrer Eignung zur Erarbeitung von Interventionen (Venkatesh et al., 2003).

Trotz der Eignung der UTAUT vor allem im Vergleich zu anderen Theorien zur Erklärung der Technikakzeptanz, gibt es auch Grund zur Annahme, dass die UTAUT für die Untersuchungen an den Kontext kooperativer Roboter in der Automobilmontage angepasst werden muss (Kap. 2.3.5). So berücksichtigt die UTAUT weder die affektiven Variablen Vertrauen und Reaktanz (Kap. 2.3.1.4), noch die Geschlechtsrolle (Kap. 2.3.1.2), obwohl diese als Einflussfaktoren auf die Akzeptanz wie im Falle der affektiven Variablen empirisch belegt bzw. wie bei der Geschlechtsrolle durch den Anwendungskontext nahegelegt werden. Daher wird die UTAUT für die Anwendung auf kooperative Roboter im industriellen Kontext der Automobilproduktion zu folgendem Untersuchungsmodell erweitert (Abbildung 9).

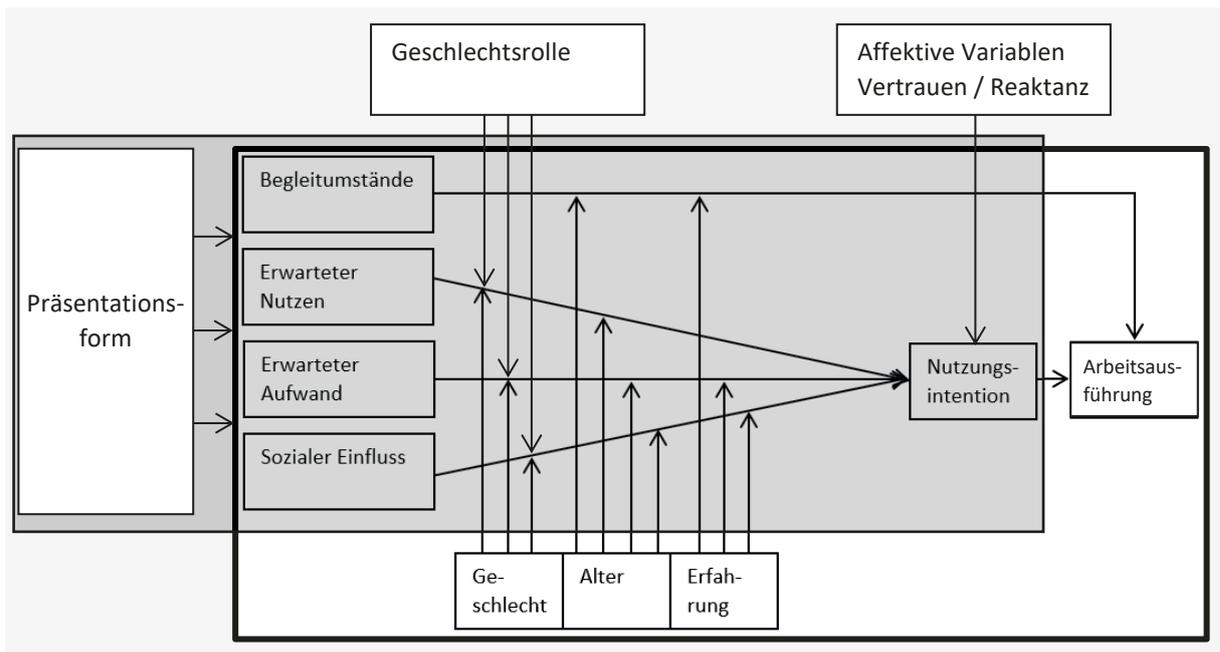


Abbildung 9. Untersuchungsmodell.

Vertrauen und Reaktanz sind aufgrund ihrer nachgewiesenen Effekte auf Akzeptanz (Kap. 2.3.1.4) als Einflussfaktoren auf die Nutzungsintention aufgenommen worden. Zusätzlich ist die Geschlechtsrolle als verhaltensbestimmende Variable (Kap. 2.3.1.2), die gerade in dem Untersuchungskontext der Automobilproduktion mit einem überproportionalen Männeranteil (Kap. 1.1) relevant erscheint, aufgenommen worden. Die Freiwilligkeit der Nutzung entfällt kontextbedingt als Variable. Im Arbeitskontext, wo kooperative Roboter als Arbeitsmittel fungieren, ist die Nutzung obligatorisch, sobald die Einführung kooperativer Roboter beschlossen ist. Die Operationalisierung der Akzeptanz als Nutzung des kooperativen Roboters ist demnach nicht zielführend. Im Produktionsprozess muss eine angeschaffte Maschine auch angewendet werden, d.h. die Nutzung des kooperativen Roboters erfolgt unabhängig von den Einstellungen der Arbeitenden im Produktionsprozess. Als potenzieller Einflussfaktor auf die Untersuchungsmodellvariablen wurde die Präsentationsform des kooperativen Roboters (Kap. 2.3.6) in das Untersuchungsmodell aufgenommen.

Zusätzlich weisen Taiwo und Downe (2013) darauf hin, dass zwischen den Faktoren Nutzen, Aufwand, sozialer Einfluss und Begleitumständen moderate positive Korrelationen existieren, welche jedoch geringer sind als die des erwarteten Nutzens über verschiedene Messzeitpunkte. Darin sehen die Autoren einen Ankereffekt der Einstellung vor der Nutzung, an denen sich Personen bei späteren Einschätzungen orientieren, wodurch die Betrachtung der

Akzeptanz über die Zeit mittels der UTAUT und damit auch mittels des Untersuchungsmodells möglich wird. Das auf der UTAUT fußende Untersuchungsmodell kann demnach für die Betrachtung der Technikakzeptanz im Zeitverlauf genutzt werden.

### **2.5.3 Offene Fragestellungen.**

Zur Untersuchung der Akzeptanz kooperativer Roboter in der Automobilproduktion wurden drei sich an der Zielstellung (Kap. 2.5.1) orientierende Untersuchungskomplexe erstellt, die verschiedene Themen fokussieren. Im ersten Untersuchungskomplex wird der Frage nachgegangen, ob und inwieweit das Untersuchungsmodell, ebenso wie das zugrunde liegende Akzeptanzmodell der UTAUT, auf den neuen Kontext der Mensch-Roboter-Kooperation im industriellen Kontext übertragen werden kann. Denn trotz der nahe liegenden Möglichkeit der Anwendung in einem neuen Kontext, sind nicht alle Modellbeziehungen der UTAUT in jedem Kontext und bei jeder Art der Technik bestätigt worden (Kap. 2.3.4).

Im zweiten Untersuchungskomplex steht die Erfahrung (Kap. 2.3.1.3) als mögliche, die Akzeptanz beeinflussende Personenvariable im Mittelpunkt. Denn neben der Erfahrung mit kooperativen Robotern ist die Erfahrung im Kontext der industriellen Fertigung eine zweite Dimension der Erfahrung, die sich auf das Untersuchungsmodell auswirken kann.

Der dritte Untersuchungskomplex widmet sich der Frage nach der Möglichkeit, die Akzeptanz im Vorfeld der Techniknutzung, also unabhängig von der technischen Realisierung, zu steigern. In Untersuchungskomplex drei wird das Untersuchungsmodell in seiner praktischen Anwendung zur Steigerung der Akzeptanz im Vorfeld der Techniknutzung getestet.

#### Untersuchungskomplex 1: Modellbildung für den neuen Kontext

- Modelltestung: Lässt sich das Akzeptanzmodell der UTAUT auf Mensch-Roboter-Kooperationen im Produktionskontext übertragen?
- Modellerweiterung: Haben die affektiven Variablen Vertrauen und Reaktanz einen Einfluss auf die Akzeptanz – am Beispiel der Mensch-Roboter-Kooperation in der Automobilproduktion?
- Modellerweiterung: Hat die Geschlechtsrolle als Persönlichkeitsmerkmal einen Einfluss auf die UTAUT – am Beispiel der Mensch-Roboter-Kooperation in der Automobilproduktion?
- Modellübertragung: Welche Rolle spielt das Ausmaß der Betroffenheit von Mensch-Roboter-Kooperationen für die Ausprägung der Akzeptanz?

- Modelltestung an der Praxisstichprobe: Lassen sich die gefundenen Ergebnisse auf die Praxis übertragen?

Untersuchungskomplex 2: Einfluss der Erfahrung auf die Akzeptanz

- Unterscheidet sich die Akzeptanz gegenüber kooperativen Robotern abhängig vom Erfahrungsgrad?
- Unterscheidet sich die Akzeptanz vor und nach der Technikanwendung?
- Hat die Akzeptanz einen Einfluss auf die Arbeitsqualität?

Untersuchungskomplex 3: Modellanwendung - Erhöhung der Akzeptanz durch Intervention

- Lassen sich die UTAUT-Variablen im Vorfeld der Technikanwendung durch die Darbietungsform der Technik manipulieren?
- Beeinflusst die Art der Information die Akzeptanz im speziellen Anwendungsfall?
- Modellanwendung auf praktische Fragestellung: Ist ein auf der UTAUT fußendes Informationskonzept für kooperative Roboter wirksam?
- Verallgemeinerung: Lassen sich die Ergebnisse auf andere Mensch-Technik-Kooperationen im Produktionsprozess übertragen?

Die spezifischen Hypothesen werden für jede Studie separat aufgestellt.



### 3 Studien

#### 3.1 Studie 1: Modellbildung (MB)

##### 3.1.1 Hintergrund und Hypothesen.

Studie 1 (MB) diente der Modellbildung. Die UTAUT vertritt zwar einen Allgemeinheitsanspruch zur Erklärung der Akzeptanz neuartiger Technik in verschiedenen Situationen (Venkatesh et al., 2003). Allerdings zeigten verschiedene Untersuchungen, dass abhängig von der untersuchten Situation und Technik die Modellbeziehungen unterschiedlich stark ausgeprägt sind (Taiwo & Downe, 2013) und die UTAUT selbst durch verschiedene andere Variablen ergänzt werden konnte und sollte, um eine verbesserte Varianzaufklärung zu erzielen (z. B. Heerink et al., 2010; Kulviwat et al., 2007; Venkatesh et al., 2012; Venkatesh et al., 2011).

Um die Einflüsse der Erfahrung der speziellen Anwendungssituation einerseits und die der Erfahrung mit kooperativen Robotern andererseits zu minimieren und die generelle Anwendbarkeit des Untersuchungsmodells zu testen, wurde eine Stichprobe aus Laien rekrutiert (Modelltestung). Darüber hinaus wurde die Möglichkeit der Anpassung des Untersuchungsmodells an die neuartige Technik untersucht (Modellerweiterung). Durch experimentelle Manipulationen wurde zudem die Beeinflussbarkeit der Einstellung zum kooperativen Roboter durch die Darbietungsform getestet. Folgende Hypothesen wurden in Studie 1 (MB) adressiert.

#### Untersuchungskomplex 1: Modellbildung für den neuen Kontext

- Modelltestung: Lässt sich das Akzeptanzmodell der UTAUT auf Mensch-Roboter-Kooperationen im Produktionskontext übertragen?

H1: Es lassen sich postulierte Modellbeziehungen der UTAUT im Kontext der Mensch-Roboter-Kooperation bestätigen.

- Modellerweiterung: Haben die affektiven Variablen Vertrauen und Reaktanz einen Einfluss auf die Akzeptanz – am Beispiel der Mensch-Roboter-Kooperation in der Automobilproduktion?
  - H2: Vertrauen beeinflusst die Nutzungsintention direkt positiv.
  - H3: Reaktanz beeinflusst die Nutzungsintention direkt negativ.
- Modellerweiterung: Hat die Geschlechtsrolle als Persönlichkeitsmerkmal einen Einfluss auf die UTAUT– am Beispiel der Mensch-Roboter-Kooperation in der Automobilproduktion?

- H4: Die Geschlechtsrolle beeinflusst die Nutzungsintention direkt.
  - H4A: Eine hohe männlich und weiblich positive Geschlechtsrolle beeinflusst die Nutzungsintention direkt positiv.
  - H4B: Eine niedrige männlich und weiblich negative Geschlechtsrolle beeinflusst die Nutzungsintention direkt negativ.
- H5: Die Geschlechtsrolle wirkt wie das Geschlecht als Moderator auf die direkten Modellbeziehungen der UTAUT.

Untersuchungskomplex 3: Modellanwendung - Erhöhung der Akzeptanz durch Intervention

Lassen sich die UTAUT-Variablen im Vorfeld der Technikanwendung durch die Darbietungsform der Technik manipulieren?

- H6: Eine mitarbeiterorientierte Formulierung einer Vignette verändert die Akzeptanz positiv gegenüber einer aufgabenorientierten Formulierung.
- H7: Die Akzeptanz gegenüber dem kooperativen Roboter ist abhängig von dessen Darbietungsform.

### **3.1.2 Methodik.**

#### **3.1.2.1 Stichprobe.**

Die Stichprobe bestand aus 89 Studierenden aus nicht-technischen Studienrichtungen, die freiwillig an der Untersuchung teilnahmen. Die Studierenden waren zwischen 19 und 40 Jahren alt ( $M = 25.49$ ;  $SD = 4.13$ ). 44 waren männlich, 44 weiblich und eine Person machte dazu keine Angaben. Sie rekrutierten sich aus den Sozial- ( $n = 23$ ) und Wirtschaftswissenschaften ( $n = 66$ ). Es wurden Bachelor- ( $n = 57$ ) und Masterstudierende ( $n = 32$ ) befragt.

#### **3.1.2.2 Prozedur.**

Für die Stichprobe wurden technische Laien als Untersuchungsteilnehmende rekrutiert, um den Einfluss der Erfahrung direkt mit dem kooperativen Roboter oder ähnlicher Technik zu minimieren. Den Teilnehmenden wurde eine Beschreibung der Arbeitsweise eines kooperativen Roboters vorgelegt. Zusätzlich gab es zwei experimentelle Manipulationen für dieselbe Stichprobe. Zum einen bekam eine Gruppe eine aufgabenorientierte ( $n = 36$ ) und die andere eine aufgaben- und mitarbeiterorientierte Beschreibung der Arbeitsweise des UR-10 ( $n = 53$ ) (siehe Anhang A); für die Testung des Einflusses der Formulierung einer Vignette. Zum anderen bekamen 36 Personen nur eine Beschreibung, 53 Personen bekamen zusätzlich dazu ein Video gezeigt, in dem die Arbeitsweise des kooperativen Roboters veranschaulicht wird;

für die Testung der Beeinflussbarkeit der Einstellung gegenüber dem kooperativen Roboter durch die Darbietungsform von Informationen. Die Gruppenzuweisung erfolgte randomisiert. Nachdem die Teilnehmenden die Beschreibung bzw. gegebenenfalls das zusätzliche Video gesehen hatten, wurden die Einstellung gegenüber dem kooperativen Roboter (Variablen der UTAUT) und Personenmerkmale mittels Fragebogen erhoben (siehe Anhang B).

### ***3.1.2.3 Messinstrumente.***

Alle Messinstrumente sind aus der Literatur entnommen worden (Tabelle 2). Dort wiesen sie eine akzeptable bis exzellente interne Konsistenz von Cronbachs  $\alpha = .701$  bis  $\alpha = .948$  auf. Ausnahme war die Skala der Begleitumstände, die in den Studien eine heterogene interne Konsistenz aufwies.

## STUDIEN

Tabelle 2  
Skalenübersicht aus der Literatur mit dortiger interner Konsistenz

Autor	Skala	Item- zahl	$\alpha$	Beispielitem
Berger (2010)	Geschlechts- rolle			Wie gut trifft diese Eigenschaft auf Sie zu?
		6	.81	<i>männlich positiv</i> : logisch
		6	.80	<i>männlich negativ</i> : arrogant
		6	.88	<i>weiblich positiv</i> : emotional
		6	.74	<i>weiblich negativ</i> : naiv
Venkatesh. et al. (2011)	Nutzen	3	> .80	Mit dem UR-10 kann ich schneller arbeiten als ohne.
	Aufwand*	3	> .80	Es fällt mir leicht. sicher mit dem UR-10 umzugehen.
	Einstellung		> .80	Alles in allem ist die Nutzung des Roboters negativ ... positiv
Heerink et al. (2010)	Sozialer Einfluss	2	.735 - .794	Ich denke. dass meine Kollegen es gut finden. wenn ich den UR-10 benutze. anstatt alles per Hand zu erledigen.
	Begleit- umstände	2	.426 - .846	Ich habe alle Voraussetzungen. um den UR- 10 zu benutzen.
	Vertrauen	2	.732 - .820	Ich würde dem UR-10 vertrauen. wenn er mir eine Anweisung gibt.
	Nutzungs- intention	3	.854 - .948	Ich habe mich mit dem UR-10 während der ersten Tage beschäftigt.
	Reaktanz	2	.701 - .854	Ich finde den UR-10 beängstigend.
Thompson & Phua (2012)	Arbeitszu- friedenheit	4	.830	Ich habe große Freude an meiner Arbeit.
Karrer et al., (2009)	Technik- affinität	5	.843	<i>Begeisterung</i> : Ich liebe es, neue elektronische Geräte zu besitzen.
		4	.863	<i>Kompetenz</i> : Ich kenne mich im Bereich elektronischer Geräte aus.
Allen & Meyer (1990)	Commit- ment	8	.740 - .890	<i>affektiv</i> : Ich empfinde mich nicht als «Teil der Familie» bei XYZ.
Kuvaas & Dysvik (2009)	Arbeits- motivation	6	.900	Die Arbeit, die ich erledige, ist angenehm.
Stöber (2001)	Soziale Erwünsch- theit	6	.750	Manchmal helfe ich nur, weil ich eine Gegenleistung erwarte.

Anmerkung. \* Die Items für die Skala Aufwand sind negativ gepolt, sodass hohe Skalenwerte eine geringe Aufwandseinschätzung widerspiegeln.

### 3.1.2.3.1 Übersicht der verwendeten Messinstrumente in Studie 1 (MB).

Als Messinstrumente kamen verschiedene bewährte Skalen aus der Literatur zum Einsatz (siehe Tabelle 2). Diese wurden den Probanden gemeinsam mit demografischen Variablen in einem Fragebogen präsentiert. Eine Übersicht der Skalen ist Tabelle 3 zu entnehmen. Cronbachs  $\alpha$  wies auf eine akzeptable bis exzellente interne Konsistenz hin. Ausnahmen waren die Skalen der sozialen Erwünschtheit, der Begleitumstände, der Reaktanz und männlich positiver Geschlechtsrolle mit einer hinreichenden internen Konsistenz.

Tabelle 3  
Übersicht über die verwendeten Skalen in Studie 1 (MB)

Skala	N	Anzahl der Items	M (SD)	Cronbachs $\alpha$
Nutzen	84	3	4.13 (.67)	.814
Aufwand*	82	3	3.70 (.62)	.783
Sozialer Einfluss	83	2	3.17 (.89)	.821
Begleitumstände	82	2	3.65 (.69)	.557
Vertrauen	82	2	3.13 (.90)	.762
Nutzungsintention	83	3	3.85 (.79)	.841
Reaktanz	84	4	2.18 (.69)	.667
Einstellung	84	3	2.14 (.76)	.875
Arbeitszufriedenheit	88	4	3.34 (.63)	.748
Technikaffinität - Begeisterung	88	5	2.98 (1.01)	.872
Technikaffinität - Kompetenz	87	4	3.48 (.70)	.738
Commitment	85	8	3.95 (.99)	.796
Arbeitsmotivation	83	6	5.25 (1.08)	.829
Soziale Erwünschtheit	82	6	4.93 (.92)	.541
Geschlechtsrolle männlich positiv	87	6	5.56 (.60)	.654
Geschlechtsrolle männlich negativ	85	6	2.65 (1.15)	.868
Geschlechtsrolle weiblich positiv	87	6	5.17 (1.05)	.905
Geschlechtsrolle weiblich negativ	86	6	3.07 (1.14)	.812

*Anmerkung.* Der Range für die Skalen Geschlechtsrolle, Arbeitsmotivation, soziale Erwünschtheit und Commitment liegt bei 1-7, für alle anderen bei 1-5.  $N = 89$ .

\* Die Items für die Skala Aufwand sind negativ gepolt, sodass hohe Skalenwerte eine geringe Aufwandseinschätzung widerspiegeln.

### 3.1.2.3.2 Faktorenanalyse für die UTAUT-Variablen.

Es wurde eine exploratorische Faktorenanalyse durchgeführt. Ziel war die Testung der Skalen, die aus unterschiedlichen Studien extrahiert wurden. Da das Modell der UTAUT validiert ist, wurde auf eine konfirmatorische Faktorenanalyse verzichtet.

Es wurde eine Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation und Kaiser-Normalisierung für 13 Items durchgeführt. Hinsichtlich Multikollinearität, Ausreißern und Kommunalitäten gab es keine Bedenken für die Faktorenanalyse, sodass keine Items von der Analyse ausgeschlossen wurden. Zudem ist die Determinante (Haitovskys  $X^2$ ) mit  $p = .004$

STUDIEN

signifikant, weswegen keine Probleme wegen Multikollinearität anzunehmen waren. Der Kaiser-Meyer-Olkin Koeffizient (KMO = .653) wies auf die Eignung der Stichprobe hin. Bartletts Test auf Sphärizität [ $\chi^2$  (78) = 414.407;  $p$  = .000] wies auf ausreichend hohe Korrelationen der Items hin.

Für die Extraktion wurden fünf Faktoren vorgegeben. Die rotierte Komponentenmatrix ist in Tabelle 4 dargestellt. Sie bestätigt die Faktorenstruktur des Modells mit den verwendeten Skalen.

Tabelle 4

*Ergebniszusammenfassung der exploratorischen Faktorenanalyse der UTAUT-Skalen*

	Komponentenmatrix, rotiert				
	Faktor				
	1	2	3	4	5
Nutzungsintention 1: Ich habe den UR-10 gleich am ersten Tag genutzt.	<b>.738</b>	.199	.185	.098	.190
Nutzungsintention 2: Ich habe mich mit dem UR-10 während der ersten Tage beschäftigt.	<b>.930</b>	.095	-.033	-.023	-.063
Nutzungsintention 3: Ich wollte den UR-10 gleich während der ersten Tage kennen lernen.	<b>.899</b>	.099	.072	.077	.003
Nutzen 1: Mit dem UR-10 kann ich schneller arbeiten als ohne.	.122	<b>.902</b>	-.060	.090	.023
Nutzen 2: Der UR-10 vereinfacht meine Arbeit.	.206	<b>.816</b>	.109	-.069	.070
Nutzen 3: Mit dem UR-10 kann ich meine Arbeitsleistung steigern.	.048	<b>.791</b>	.102	.202	.048
Aufwand 1: Ich finde es einfach, den UR-10 zu bedienen.	.015	.072	<b>.744</b>	.186	-.053
Aufwand 2: Zu erlernen, wie man den UR-10 benutzt, fiel mir leicht.	.129	.127	<b>.847</b>	-.049	.114
Aufwand 3: Es fällt mir leicht, sicher mit dem UR-10 umzugehen.	.053	-.052	<b>.894</b>	.015	.123
Sozialer Einfluss 1: Ich denke, dass meine Kollegen es gut finden, wenn ich den UR-10 benutze, anstatt alles per Hand zu erledigen.	.014	.067	.095	<b>.899</b>	.135
Sozialer Einfluss 2: Ich bin der Meinung, es macht einen guten Eindruck, den UR-10 zu benutzen.	.111	.129	.046	<b>.878</b>	.155
Begleitumstände 1: Ich habe alle Voraussetzungen, um den UR-10 zu benutzen.	.026	.151	.149	.035	<b>.838</b>
Begleitumstände 2: Man hat mir genug über den UR-10 erklärt, um ihn sinnvoll nutzen zu können.	.050	-.034	-.003	.263	<b>.774</b>
Eigenwert	2.3	2.2	2.2	1.8	1.4
% der Varianz nach der Rotation	17.8	17.2	16.7	13.5	10.9

*Anmerkung.* Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse. Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung.  $N = 84$ .

### **3.1.3 Ergebnisse zur Modellbildung: Kontext der Mensch-Roboter-Kooperation in der Automobilmontage.**

#### ***3.1.3.1 Modelltestung: Lässt sich das Akzeptanzmodell der UTAUT auf Mensch-Roboter-Kooperationen im Produktionskontext übertragen?***

H1: Es lassen sich postulierte Modellbeziehungen der UTAUT im Kontext der Mensch-Roboter-Kooperation bestätigen.

Ob das hoch adaptive Akzeptanzmodell der UTAUT im Kontext der Mensch-Roboter-Kooperation angewendet werden konnte, ist mittels multipler hierarchischer Regression auf die Nutzungsintention analysiert und an einer Laienstichprobe ( $N = 89$ ) getestet worden. Da in dieser Studie eine Intervention stattfand, wurde in Block eins für die Interventionsvariablen kontrolliert. Dafür wurde die Methode „enter“ gewählt, da die Aufnahme der Kontrollvariable in das Analysemodell obligatorisch war. Anschließend wurden im zweiten Block die Effekte auf die abhängige Variable Nutzungsintention (Nutzen, Aufwand, sozialer Einfluss) aus dem Untersuchungsmodell aufgenommen (Methode: forward). Im dritten Block wurden die für die Untersuchung der Moderatorbeziehungen obligatorischen Effekte der postulierten Moderatoren (Alter und Geschlecht) aufgenommen (Methode: enter), um im vierten Block (Methode: forward) deren Interaktion, die im Modell enthalten sind (Nutzen X Geschlecht; Aufwand X Geschlecht; Sozialer Einfluss X Geschlecht; Nutzen X Alter; Aufwand X Alter; Sozialer Einfluss X Alter), und deren postulierte Moderatoreffekte untersuchen zu können.

Die Ergebnisse der Regressionsanalyse sind in Tabelle 5 dargestellt (Voraussetzungen können als erfüllt angesehen werden, siehe Anhang C). Ein Beleg für die Anwendbarkeit des Modells war das signifikante  $R^2 = .155$  von Block vier, auch wenn es nur auf eine geringe Varianzaufklärung des Modells hinwies. In diesem Block war das Modell mit allen signifikanten Modellbeziehungen enthalten. In Block zwei zeigte sich der erwartete Nutzen als positiv signifikanter Einflussfaktor der Nutzungsintention, wohingegen die Effekte des erwarteten Aufwands und des sozialen Einflusses auf die Nutzungsintention nicht signifikant geworden sind. Die UTAUT postuliert auch Geschlecht und Alter als Moderatoren. Dieses Postulat wurde in Block vier untersucht. Die Moderation des signifikanten Effekts des erwarteten Nutzens durch das Geschlecht konnte gezeigt werden ( $\beta = -.269$ ). Genau wie im Modell beschrieben, gab es keine Interaktionen zwischen den Modellvariablen Nutzen, Aufwand und sozialer Einfluss.

Die Modellbeziehungen konnten überprüft und teilweise bestätigt werden. Der postulierte Effekt des Nutzens auf die Nutzungsintention sowie dessen Moderation durch das Geschlecht wurden signifikant. Die Hypothese eins wurde daher bestätigt.

Tabelle 5  
*Gesamtmodell der UTAUT*

Block		<i>b</i>	<i>SE b</i>	$\beta$	<i>p</i>
1	Konstante	.570	.773		.463
	Art der Intervention	-.125	.135	-.122	.358
	Wortlaut der Intervention	-.178	.269	-.087	.511
2 <sup>a</sup>	Konstante	.019	.771		.981
	Art der Intervention	-.026	.135	-.025	.849
	Wortlaut der Intervention	-.053	.263	-.026	.840
	Nutzen	.320	.116	.296	.007*
3	Konstante	.274	.889		.759
	Art der Intervention	-.080	.150	-.079	.593
	Wortlaut der Intervention	-.130	.298	-.064	.664
	Nutzen	.287	.127	.266	.026*
	Alter	-.186	.196	-.108	.344
	Geschlecht	-.034	.098	-.042	.731
4 <sup>b</sup>	Konstante	-.201	.892		.823
	Art der Intervention	-.026	.148	-.026	.859
	Wortlaut der Intervention	.008	.297	.004	.979
	Nutzen	.448	.142	.414	.002*
	Alter	-.167	.191	-.097	.386
	Geschlecht	.007	.097	.009	.942
	Nutzen X Geschlecht	-.213	.093	-.269	.025*

*Anmerkung.* Die Modellvariablen wurden z-standardisiert.  $R^2 = .010$  für Block 1 [Methode: enter] ( $p = .646$ );  $\Delta R^2 = .081$  für Block 2 [Methode: forward] ( $p = .007^*$ );  $\Delta R^2 = .010$  für Block 3 [Methode: enter] ( $p = .635$ );  $\Delta R^2 = .054$  für Block 4 [Methode: forward] ( $p = .025^*$ ).  $N = 89$ .

\* $p < .05$ ; \*\* $p < .001$ .

<sup>a</sup> ausgeschlossene Variablen: Aufwand, sozialer Einfluss.

<sup>b</sup> ausgeschlossene Variablen: alle weiteren Interaktionen.

### **3.1.3.2 Modellerweiterung: Haben affektive Variablen und Persönlichkeitsmerkmale einen Einfluss auf die Akzeptanz – am Beispiel der Mensch-Roboter-Kooperation in der Automobilproduktion?**

#### **3.1.3.2.1 Haben die affektiven Variablen Vertrauen und Reaktanz einen Einfluss auf die UTAUT?**

H2: Vertrauen beeinflusst die Nutzungsintention direkt positiv.

H3: Reaktanz beeinflusst die Nutzungsintention direkt negativ.

Geprüft wurde eine Modellanpassung durch die Hinzunahme weitere Einflussfaktoren. Diese Annahmen wurden an derselben Stichprobe ( $N = 89$ ) überprüft, an der das Untersuchungsmodell getestet wurde. In einer Regressionsanalyse mit der abhängigen Variable Nutzungsintention wurde der Einfluss von zusätzlichen affektiven Variablen über die Einflussvariablen der UTAUT hinaus untersucht. Dafür wurden im ersten Block (Methode: enter) die Interventionsvariablen zur Kontrolle sowie die in diesem Untersuchungskontext signifikanten Modellbeziehungen und im zweiten Block (Methode: forward) die affektiven Variablen Vertrauen und Reaktanz sowie die weiteren Variablen Arbeitszufriedenheit, Technikaffinität (Begeisterung), Technikaffinität (Kompetenz), Commitment, Arbeitsmotivation und soziale Erwünschtheit untersucht. Die Ergebnisse dieser Regressionsanalyse mit der abhängigen Variable Nutzungsintention sind Tabelle 6 zu entnehmen (Voraussetzungen können als erfüllt angesehen werden, siehe Anhang C).

Tabelle 6

*Affektive Variablen als Einflussfaktoren auf die Nutzungsintention*

Block		<i>b</i>	<i>SE b</i>	$\beta$	<i>p</i>
1	Konstante	-.405	.859		.639
	Art der Intervention	.020	.138	.020	.883
	Wortlaut der Intervention	.068	.288	.034	.813
	Nutzen	.477	.138	.441	.001**
	Geschlecht	.030	.094	.037	.751
	Nutzen x Geschlecht	-.217	.093	-.274	.022*
2 <sup>a</sup>	Konstante	-.522	.811		.522
	Art der Intervention	.082	.131	.081	.531
	Wortlaut der Intervention	.106	.272	.052	.697
	Nützlichkeit	.443	.130	.410	.001*
	Geschlecht	.026	.088	.032	.769
	Nützlichkeit x Geschlecht	-.238	.088	-.301	.008*
	Vertrauen	.378	.112	.330	.001*

*Anmerkung.* Die Modellvariablen wurden z-standardisiert.  $R^2 = .148$  für Block 1 [Methode: enter] ( $p = .019$ );  $\Delta R^2 = .103$  für Block 2 [Methode: forward] ( $p = .001^*$ ).  $N = 89$ .

\* $p < .05$ ; \*\* $p < .001$ .

<sup>a</sup> ausgeschlossene Variablen: Reaktanz, Arbeitszufriedenheit, Technikaffinität (Begeisterung), Technikaffinität (Kompetenz), Commitment, Arbeitsmotivation, soziale Erwünschtheit.

In Block zwei waren die, über die ursprünglich in der UTAUT postulierten und kontextspezifisch signifikanten Modellbeziehungen hinausgehenden Effekte, zu finden. Über die signifikanten Modellbeziehungen des erwarteten Nutzens und der Interaktion zwischen erwartetem Nutzen und Geschlecht hinaus, zeigte sich ein unabhängiger Effekt des Vertrauens ( $\beta = .330$ ). Der Regressionskoeffizient wies auf einen positiven Effekt des Vertrauens in den Roboter auf die Nutzungsintention hin. Die Reaktanz hatte hingegen keinen signifikanten

Einfluss. Es gab keine signifikante Interaktion. Die Hinzunahme der affektiven Variablen führte zu  $\Delta R^2 = .103$  auf  $R^2 = .248$ . Die Hypothese zwei wurde bestätigt, während die Hypothese drei zurückgewiesen wurde.

#### *3.1.3.2.2 Hat die Geschlechtsrolle als Persönlichkeitsmerkmal einen Einfluss auf die UTAUT?*

H4: Die Geschlechtsrolle beeinflusst die Nutzungsintention direkt.

H5: Die Geschlechtsrolle wirkt wie das Geschlecht als Moderator auf die direkten Modellbeziehungen der UTAUT.

Zur Überprüfung dieser Annahme wurde analog zur Untersuchung des Einflusses der affektiven Variablen (siehe Hypothesen zwei und drei) eine Regressionsanalyse mit der abhängigen Variable Nutzungsintention durchgeführt. Im ersten Block (Methode: enter) waren die Kontrollvariablen und kontextspezifisch signifikanten Modellbeziehungen enthalten. Im zweiten Block der Analyse (Methode: enter) wurden die Skalen der Geschlechtsrolle ins Modell aufgenommen. Darüber hinaus wurden in einem dritten Block (Methode: forward) die Interaktionen mit der Geschlechtsrolle untersucht, um die Moderatorbeziehungen zu testen. Die Ergebnisse der Regressionsanalyse sind in Tabelle 7 dargestellt (Voraussetzungen können als erfüllt angesehen werden, siehe Anhang C).

Im zweiten Block der Analyse, der die Effekte der Geschlechtsrolle enthielt, zeigte sich ein signifikanter Effekt der männlich positiven Geschlechtsrolle auf die Nutzungsintention. Allerdings war das  $\Delta R^2 = .062$  für diesen Block nicht signifikant, weshalb der Effekt zu vernachlässigen ist. Es gab keine signifikanten Interaktionen, sodass keine Variablen im dritten Analyseblock in die Gleichung aufgenommen wurden. Die Hypothesen vier und fünf wurden zurückgewiesen.

Tabelle 7  
*Geschlechtsrolle als Einflussfaktor auf die Nutzungsintention*

Block		<i>b</i>	<i>SE b</i>	$\beta$	<i>p</i>
1	siehe Block 1 von Tabelle 6				
2 <sup>a</sup>	Konstante	-.037	.868		.966
	Art der Intervention	-.001	.140	-.001	.997
	Wortlaut der Intervention	-.020	.289	-.010	.944
	Nutzen	.429	.138	.397	.003*
	Geschlecht	-.043	.101	-.054	.668
	Nutzen x Geschlecht	-.202	.093	-.255	.033*
	GR_m_pos	.214	.107	.209	.048*
	GR_m_neg	-.170	.106	-.180	.113
	GR_w_pos	.027	.102	.030	.790
	GR_w_neg	.087	.107	.091	.420

*Anmerkung.* Die Modellvariablen wurden z-standardisiert.  $R^2 = .148$  für Block 1 [Methode: enter] ( $p = .019$ );  $\Delta R^2 = .062$  für Block 2 [Methode: enter] ( $p = .197$ ). In Block 3,  $\Delta R^2 = .012$  ( $p = .546$ ), wurden die Moderationen untersucht, aber keine Variable aufgenommen.  $N = 89$ .

GR\_m\_pos = positive männliche Geschlechtsrolle; GR\_m\_neg = negative männliche Geschlechtsrolle;

GR\_w\_pos = positive weibliche Geschlechtsrolle; GR\_w\_neg = negative weibliche Geschlechtsrolle.

<sup>a</sup> ausgeschlossene Variablen: Interaktionen der Geschlechtsrolle.

\* $p < .05$ .

### 3.1.3.3 Darbietungsform.

H6: Eine mitarbeiterorientierte Formulierung einer Vignette verändert die Akzeptanz positiv gegenüber einer aufgabenorientierten Formulierung.

Zur Überprüfung der Hypothese wurde den Untersuchungsteilnehmenden ( $N = 89$ ) eine den Roboter beschreibende Vignette in aufgabenorientierter sowie aufgaben- und mitarbeiterorientierte Weise, aber gleichen Informationen, präsentiert. Diese unterschieden sich in ANCOVAs (Normalverteilung der Variablen innerhalb der Subgruppen war nur teilweise gegeben; alle weiteren Voraussetzungen konnten als erfüllt angesehen werden; siehe Anhang C) mit Studienrichtung, Studienfortschritt und weiterer Intervention als Kontrollvariablen für die unabhängigen Variablen Nutzen ( $F(1,76) = 1.088$ ;  $p = .300$ ;  $\eta^2 = .014$ ), Aufwand ( $F(1,76) = .032$ ;  $p = .858$ ;  $\eta^2 = .000$ ), sozialer Einfluss ( $F(1,76) = 1.507$ ;  $p = .223$ ;  $\eta^2 = .019$ ), Begleitumständen ( $F(1,76) = .527$ ;  $p = .470$ ;  $\eta^2 = .007$ ) und Nutzungsintention ( $F(1,76) = .597$ ;  $p = .442$ ;  $\eta^2 = .008$ ) nicht signifikant voneinander. Die Hypothese sechs wurde daher zurückgewiesen.

H7: Die Akzeptanz gegenüber dem kooperativen Roboter ist abhängig von dessen Darbietungsform.

## STUDIEN

Weiterhin wurde neben der Vignette ( $n = 36$ ) einem randomisierten Teil der Stichprobe zum kooperativen Roboter zusätzlich ein Video präsentiert ( $n = 53$ ). Bei der anschließenden MANCOVA (Normalverteilung der Variablen innerhalb der Subgruppen war nur teilweise gegeben; alle weiteren Voraussetzungen konnten als erfüllt angesehen werden; siehe Anhang C) mit der Intervention als unabhängiger Variable, Fakultät und Studienfortschritt als Kontrollvariablen und den Untersuchungsmodellvariablen als abhängige Variablen zeigte sich ein signifikanter Effekt der Intervention auf die Untersuchungsmodellvariablen,  $F(5,73) = 2.409, p = .044 (T^2 = .165); \eta^2 = .142$ . Die Zwischensubjekteffekte für Begleitumstände,  $F(1,80) = 8.844; p = .004; \eta^2 = .103$ , und sozialen Einfluss,  $F(1,80) = 4.167; p = .045; \eta^2 = .051$ , waren signifikant. Eine anschließende ANCOVA (siehe Abbildung 10) bestätigte den signifikanten Unterschied in den Begleitumständen zwischen der Textgruppe ( $M = 3.470; SD = .61$ ) und der Videogruppe ( $M = 3.760; SD = .72$ ) mit  $F(1,78) = 9.176; p = .003; \eta^2 = .105$ , den des sozialen Einflusses hingegen nicht ( $F(1,78) = 3.928; p = .051; \eta^2 = .048$ ). Teilnehmende in der Videobedingung schätzten die Begleitumstände signifikant positiver ein als die der Textbedingung. Die Hypothese sieben wurde angenommen.

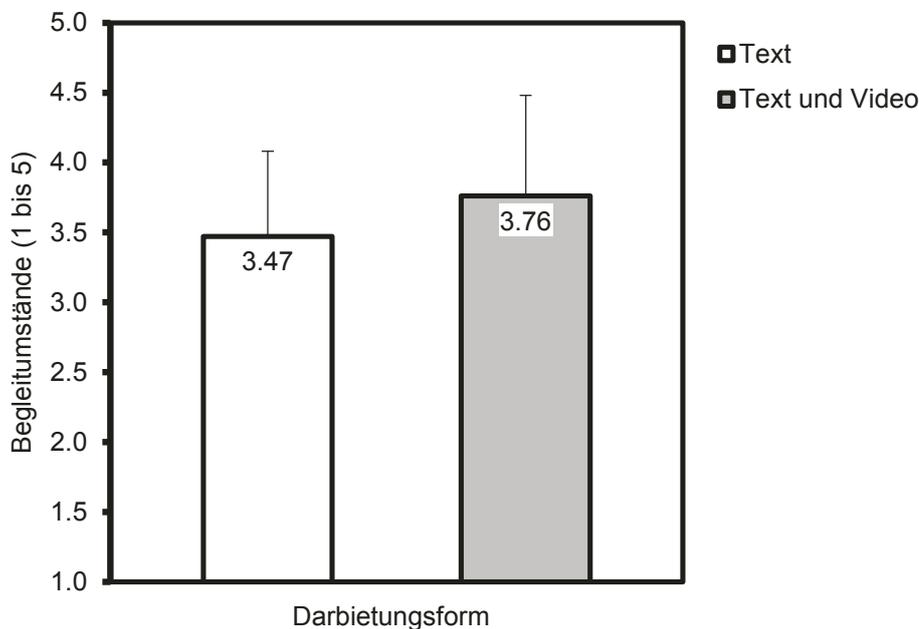


Abbildung 10. Unterschied der Darbietungsform in den Begleitumständen.

### 3.1.4 Diskussion.

#### 3.1.4.1 Modelltestung.

Untersuchungskomplex eins dient dem Erschließen der Automobilproduktion als Anwendungsfeld des Untersuchungsmodells für die Akzeptanz kooperativer Roboter. Da zur expliziten Untersuchung der Akzeptanz kooperativer Roboter im industriellen Umfeld theoretische Modelle fehlen, wurde ein adaptierbares Modell als Grundlage der Untersuchungen gewählt (Kap. 2.3).

H1: Es lassen sich postulierte Modellbeziehungen der UTAUT im Kontext der Mensch-Roboter-Kooperation bestätigen.

Die Hypothese eins wurde bestätigt. Die Hypothese diente der Überprüfung der Anwendbarkeit der UTAUT auf kooperative Roboter im Kontext der industriellen Produktion. Die Modellbeziehungen konnten überprüft und teilweise bestätigt werden. Ein Untersuchungsmodell mit einer postulierten Moderationsbeziehung wurde signifikant. Daher kann die Anwendbarkeit des Modells bestätigt werden. Der signifikante Effekt des erwarteten Nutzens auf die Nutzungsintention deckt sich mit dem als stärker beschriebenen Einfluss des erwarteten Nutzens verglichen mit den anderen Faktoren (erwarteter Aufwand und sozialer Einfluss) (Davis & Venkatesh, 2004), die in der Laienstichprobe keinen signifikanten Effekt auf die Nutzungsintention hatten. Das hoch adaptive Modell der UTAUT kann auch auf den speziellen Anwendungsfall der Mensch-Roboter-Kooperation im Produktionskontext übertragen werden.

Verglichen mit anderen Untersuchungen ist die Varianzaufklärung des Modells gering (Venkatesh und Kollegen (2003) verweisen auf  $R^2 = .69$  für die Nutzungsintention). Vermutlich spielen im industriellen Umfeld weit mehr oder noch unberücksichtigte Prädiktoren eine Rolle als bei der Anwendung im privaten Umfeld. Zudem wurde die UTAUT zur Untersuchung der Akzeptanz für Informationssysteme entwickelt. In der vorliegenden Arbeit wurde sie zur Untersuchung der Akzeptanz eines physischen Unterstützungssystems verwendet. Ein weiterer Grund für die geringe Varianzaufklärung verglichen mit anderen Untersuchungen (z. B. Bertrand & Bouchard, 2008; Kim et al., 2009; Venkatesh et al., 2003) kann an der studentischen Stichprobe liegen. Schließlich stellen Laien nicht die Zielpopulation weder für den kooperativen Roboter, noch für die Anwendung des Roboters in der Automobilproduktion dar.

### ***3.1.4.2 Modellerweiterung.***

H2: Vertrauen beeinflusst die Nutzungsintention direkt positiv.

H3: Reaktanz beeinflusst die Nutzungsintention direkt negativ.

Hypothese zwei wurde bestätigt, wohingegen Hypothese drei zurückgewiesen wurde. Beide dienen der Überprüfung der Vermutung, dass neben den in der UTAUT postulierten (Venkatesh et al., 2003), weitere Prädiktoren für die Akzeptanz eine Rolle spielen. Da sich Vertrauen und Reaktanz als Einflussfaktoren auf die Mensch-Roboter-Interaktion ableiten lassen (Kap. 2.3.1.4), wurden diese Hypothesen für den speziellen Anwendungskontext der Automobilproduktion getestet.

Die Regressionsanalyse zeigt, dass die für die UTAUT identifizierten affektiven Einflussvariablen auch im Kontext der Mensch-Roboter-Kooperation in der Automobilproduktion zumindest teilweise abgebildet werden können. So hat die affektive Variable Vertrauen neben dem Einfluss des erwarteten Nutzens, auch einen signifikanten direkten Einfluss auf die Nutzungsintention.

Vertrauen ist bei Erstanwendern der hauptsächliche Prädiktor für die Anwendung, wohingegen für wiederholte Anwender Vertrauen kombiniert mit dem erwarteten Nutzen die Anwendung am besten vorhersagt (Gefen et al., 2003). Da Vertrauen auch schon zuvor für kooperative Roboter als Einflussfaktor auf die Akzeptanz aufgetreten ist (Heerink et al., 2010), scheint nicht (nur) der Kontext, sondern die Technik die Erweiterung der UTAUT um den Faktor Vertrauen nahelegen. Wenigstens sollte auch bei industriell genutzten Robotern der für quasi-soziale Interaktionen mit kooperativen Robotern wichtige Faktor Vertrauen untersucht werden.

Der in der vorliegenden Arbeit nicht signifikante Effekt der Reaktanz lässt sich auf den hier nicht weiter thematisierten Einfluss der Umwelt auf die Reaktanz der Anwender zurückführen (Salvini et al., 2010). Neben der Reaktanz durch die Einstellung der Personen, legen Salvini, und Kollegen (2010) auch Umweltfaktoren als Erklärung für die Reaktanz der Anwender nahe. Da im industriellen Kontext Roboter und Maschinen verschiedener Art und Bedienung existieren, scheint eine ablehnende Haltung gegenüber neuartiger Technik in Form kooperativer Roboter nicht vorzuherrschen.

H4: Die Geschlechtsrolle beeinflusst die Nutzungsintention direkt.

H5: Die Geschlechtsrolle wirkt wie das Geschlecht als Moderator auf die direkten Modellbeziehungen der UTAUT.

Die Hypothesen vier und fünf wurden zurückgewiesen. Für die Modellerweiterung lässt sich anhand der Laienstichprobe festhalten, dass sich Vertrauen als signifikante Einflussgrößen auf die Nutzungsintention zeigt. Die Geschlechtsrolle konnte nicht als Einflussvariable bestätigt werden.

#### ***3.1.4.3 Darbietungsform.***

H6: Eine mitarbeiterorientierte Formulierung einer Vignette verändert die Akzeptanz positiv gegenüber einer aufgabenorientierten Formulierung.

H7: Die Akzeptanz gegenüber dem kooperativen Roboter ist abhängig von dessen Darbietungsform.

Die Hypothese sechs wird zurückgewiesen. Es lassen sich keine Unterschiede hinsichtlich einer mitarbeiter- und einer aufgabenorientierten Formulierung einer Vignette zur Darstellung des kooperativen Roboters feststellen. In keiner der Modellvariablen zeigt sich ein signifikanter Unterschied abhängig von der Formulierung der Vignette.

Allerdings wird Hypothese sieben angenommen. Denn die Wahrnehmung der Begleitumstände lässt sich durch ein zusätzliches Video verbessern. Die Variablen des Untersuchungsmodells sind demnach durch die Art der Darstellung beeinflussbar.

#### ***3.1.4.4 Kritische Einschätzung und Ausblick.***

In Studie 1 (MB) konnte das Untersuchungsmodell nur in Teilen bestätigt werden. Auch von den untersuchten Erweiterungen des Untersuchungsmodells stellte sich nur das Vertrauen in den kooperativen Roboter als signifikante Einflussvariable heraus. Die Untersuchung der Modellbeziehungen ist unvollständig und kann allenfalls als erste Näherung der Anpassung des Untersuchungsmodells an kooperative Roboter und die Anwendungssituation angesehen werden.

Auch die Testung zur Wirkung der Darbietungsform auf die Akzeptanz ist nicht vollständig. Es wurden lediglich verschiedene Vignetten miteinander verglichen und ein Unterschied zur zusätzlichen Videopräsentation nachgewiesen. Allerdings wurden die

unterschiedlichen Darbietungsformen nicht unabhängig voneinander gegenübergestellt und nur der Einfluss auf eine Untersuchungsmodellvariable (Begleitumstände) konnte gezeigt werden.

Durch die Unvollständigkeit der Untersuchungsergebnisse ergibt sich die Notwendigkeit der Folgeuntersuchung. Sowohl die Modellbildung ist zu diesem Stand der Forschung noch nicht abgeschlossen als auch die Testung der Beeinflussbarkeit der Akzeptanz muss in Folgestudien näher betrachtet werden. Eine Fortführung der Untersuchungen zur Modellbildung und Beeinflussbarkeit der Akzeptanz folgt in Studie 2 (MÜ).

### **3.2 Studie 2: Modellübertragung (MÜ)**

#### **3.2.1 Hintergrund und Hypothesen.**

In Studie 1 (MB) konnte der Nachweis der Anwendbarkeit des Untersuchungsmodells auf kooperative Roboter im industriellen Kontext erbracht werden. Das Untersuchungsmodell konnte in Teilen bestätigt werden und auch eine Erweiterung des Ausgangsmodells schien angebracht. Zudem ließ sich zeigen, dass die Untersuchungsmodellvariablen durch die Darbietungsform des kooperativen Roboters beeinflussbar waren. Nachdem in Studie 1 (MB) Laien befragt wurden, sollte das Untersuchungsmodell in Studie 2 (MÜ) in die Praxis übertragen werden.

Die Besonderheiten des Untersuchungsfeldes mussten dafür berücksichtigt werden (Kap. 1.1). Daher wurden die Untersuchungen zur Modellbildung für erfahrene Technikanwender erneut durchgeführt, weil sich die Modellbeziehungen je nach Untersuchungsfeld ändern könnten (Taiwo & Downe, 2013). Ebenso wurden die Untersuchungen zur Beeinflussbarkeit der Untersuchungsmodellvariablen durch die Darbietungsform weitergeführt und experimentell getestet. Eine der Besonderheiten des Untersuchungsfeldes war der hohe Männeranteil in der Automobilproduktion. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen wurde untersucht, ob anstelle des Geschlechts als Moderator des Untersuchungsmodells das Persönlichkeitsmerkmal der Geschlechtsrolle treten kann (Kap. 2.3.1.2). Folgende Hypothesen wurden in Studie 2 (MÜ) adressiert.

Untersuchungskomplex 1: Modelltestung für den neuen Kontext

- Modellübertragung: Welche Rolle spielt das Ausmaß der Betroffenheit von Mensch-Roboter-Kooperationen für die Ausprägung der Akzeptanz?

H8: Laien und Technikerfahrene haben unterschiedliche Einschätzungen des kooperativen Roboters hinsichtlich der

Untersuchungsmodellvariablen. Modelltestung an der Praxisstichprobe: Lassen sich die gefundenen Ergebnisse auf die Praxis übertragen?

- H9: Es lassen sich postulierte Modellbeziehungen der UTAUT im Kontext der Mensch-Roboter-Kooperation in der Praxis bestätigen.
- H10: Vertrauen beeinflusst die Nutzungsintention bei einer Praxisstichprobe direkt positiv.
- H11: Reaktanz beeinflusst die Nutzungsintention bei einer Praxisstichprobe direkt negativ.
- H12: Die Geschlechtsrolle beeinflusst die UTAUT-Variablen bei einer Praxisstichprobe.
  - H12A: Eine hohe männlich und weiblich positive Geschlechtsrolle beeinflusst die Nutzungsintention direkt positiv.
  - H12B: Eine niedrige männlich und weiblich negative Geschlechtsrolle beeinflusst die Nutzungsintention direkt negativ.
  - H12C: Die männlich positive Geschlechtsrolle wirkt wie das Geschlecht als Moderator auf die direkten Modellbeziehungen der UTAUT.

Untersuchungskomplex 3: Modellanwendung - Erhöhung der Akzeptanz durch Intervention

Lassen sich die UTAUT-Variablen im Vorfeld der Technikanwendung durch die Darbietungsform der Technik manipulieren?

H13: Die Akzeptanz der Mensch-Roboter-Kooperation wird durch die Darbietungsform des kooperativen Roboters bei dessen Einführung beeinflusst (Vignette, Video, Interaktion).

### **3.2.2 Methodik.**

#### **3.2.2.1 Stichprobe.**

Der für die Studie benötigte Stichprobenumfang wurde mit Hilfe des Programms G\*Power 3.1.7 im Vorfeld der Untersuchung abgeschätzt. Für die geplanten Analysen waren demnach mindestens 114 Personen nötig, um statistisch belastbare Aussagen treffen zu können. Bei einer Varianzaufklärung von  $R^2 = .69$  (Venkatesh et al., 2003) wären geringere Stichprobengrößen ausreichend. Für eine deutlich geringere Varianzaufklärung von  $R^2 = .155$  wie in Studie 1 (MB), wurde für das Modell mit fünf Prädiktoren (Nutzen, Aufwand, sozialer

Einfluss, Begleitumstände, Nutzungsintention) auf die Determinante Nutzung durch das Programm G\*Power 3.1.7 ein Stichprobenumfang von 114 empfohlen.

Es wurden technikerfahrene Teilnehmende eines Trainings für Montagefähigkeiten in der Automobilproduktion befragt. Insgesamt waren es 128 Fließbandarbeitende aus der Automobilproduktion. Alle Teilnehmenden durchliefen ein Training, in welchem ihre Fertigkeiten in der Automobilmontage in Geschwindigkeit und Qualität geschult und anschließend getestet wurden. Das zweitägige Training enthielt theoretische und praktische Übungsaufgaben sowie einen abschließenden Test der Fertigkeiten in einer Praxissituation.

Die Arbeitenden waren zwischen 15 und 54 Jahren alt ( $M = 29.54$ ;  $SD = 6.86$ ). 115 waren männlich, fünf weiblich und acht machten keine Angabe.

### **3.2.2.2 Prozedur.**

Die Technikerfahrung der Teilnehmenden war der quasiexperimentelle Unterschied zur Stichprobe in Studie 1 (MB). Dadurch sollte die Möglichkeit der Übertragung auf die Anwendungssituation untersucht werden. Die Teilnehmenden wurden randomisiert einer von drei Gruppen zugewiesen. Dabei wurde die Art der Darbietungsform des kooperativen Roboters variiert, wobei der Informationsgehalt gleich blieb. Eine Gruppe erhielt einen kurzen Text, eine andere ein Video und eine dritte Gruppe bekam die Möglichkeit mit dem kooperativen Roboter zu interagieren. In allen drei Gruppen wurde der Arbeitsablauf mit dem kooperativen Roboter geschildert und die Veränderung gegenüber der manuellen Variante hervorgehoben.

Damit wurden in einem experimentellen Design drei in der Praxis realisierbare Varianten der Vorstellung des kooperativen Roboters miteinander verglichen: Eine Vignette über den kooperativen Roboter ( $n = 57$ ) beschrieb die Funktionsweise und die Veränderungen für den Arbeitsprozess. Ein informierendes Video ( $n = 45$ ) zeigte den kooperativen Roboter in der Arbeitssituation. Der exploratorische Umgang mit dem kooperativen Roboter ( $n = 26$ ) ermöglichte die Bedienung und Funktionstestung des kooperativen Roboters in einer Testumgebung.

Der *Text* ( $n = 57$ ) beschränkte sich auf eine Beschreibung des Roboters und des unterstützten Arbeitsprozesses auf  $\frac{1}{2}$  Seite. Es wurde geschildert, welche Aufgabe der Roboter übernimmt und inwieweit der Arbeitsprozess verändert wird. Die Sicherheit des kooperativen Roboters wurde betont. Das *Video* ( $n = 45$ ) zeigte den Arbeitsprozess mit kooperativem Roboter. Es dauerte ca. 2:30 Minuten. Die *Interaktion* ( $n = 26$ ) dauerte pro Person ebenso lange. Hier wurde der Umgang mit dem UR-10 demonstriert und die Sicherheitsaspekte betont. Währenddessen wurden der Bewegungsablauf sowie der Sicherheitsstopp ausprobiert. Die

Informationen aller drei Varianten bezüglich des kooperativen Roboters wurden nicht verändert. Der anschließende Fragebogen ist in Anhang D dargestellt.

### 3.2.2.3 Messinstrumente.

Es kamen Messinstrumente analog zu Studie 1 (MB) zum Einsatz (Tabelle 2). Diese wurden den Probanden gemeinsam mit demografischen Variablen in einem Fragebogen präsentiert. Eine Übersicht der Skalen ist Tabelle 8 zu entnehmen. Cronbachs  $\alpha$  wies auf eine akzeptable bis exzellente interne Konsistenz hin. Ausnahmen sind die Skalen des sozialen Einflusses, der Begleitumstände, Technikaffinität (Kompetenz) und der sozialen Erwünschtheit mit einer hinreichenden internen Konsistenz gewesen.

Tabelle 8  
Übersicht über die verwendeten Skalen in Studie 2 (MÜ)

Skala	<i>N</i>	Anzahl der Items	<i>M</i> ( <i>SD</i> )	Cronbachs $\alpha$
Nutzen	127	3	3.93 (.70)	.822
Aufwand*	128	3	3.90 (.68)	.815
Sozialer Einfluss	126	2	3.68 (.80)	.688
Begleitumstände	127	2	3.78 (.87)	.650
Vertrauen	128	2	3.54 (.92)	.821
Nutzungsintention	128	3	3.94 (.73)	.793
Reaktanz	128	4	2.17 (.75)	.816
Einstellung	120	3	3.73 (1.04)	.920
Arbeitszufriedenheit	124	4	3.89 (.65)	.744
Technikaffinität - Begeisterung	127	5	3.73 (.80)	.857
Technikaffinität - Kompetenz	127	4	3.87 (.62)	.627
Commitment	126	8	4.96 (.91)	.767
Arbeitsmotivation	125	6	5.26 (1.06)	.864
Soziale Erwünschtheit	125	6	5.80 (.78)	.642
Geschlechtsrolle männlich positiv	128	6	5.80 (.56)	.728
Geschlechtsrolle männlich negativ	128	6	1.89 (.88)	.857
Geschlechtsrolle weiblich positiv	128	6	5.17 (.83)	.849
Geschlechtsrolle weiblich negativ	128	6	2.45 (.94)	.780

*Anmerkung.* Der Range für die Skalen Geschlechtsrolle, Arbeitsmotivation, soziale Erwünschtheit und Commitment liegt bei 1-7, für alle anderen bei 1-5. *N* = 128.

\* Die Items für die Skala Aufwand sind negativ gepolt, sodass hohe Skalenwerte eine geringe Aufwandseinschätzung widerspiegeln.

### 3.2.3 Ergebnisse zur Modellübertragung: Welche Rolle spielt das Ausmaß der Betroffenheit von Mensch-Roboter-Kooperationen für die Ausprägung der Akzeptanz?

#### 3.2.3.1 Unterschiede zwischen wenig und stark von der Einführung kooperativer Roboter Betroffener.

H8: Laien und Technikerfahrene haben unterschiedliche Einschätzungen des kooperativen Roboters hinsichtlich der Untersuchungsmodellvariablen.

Um die Unterschiede zwischen der Laienstichprobe (wenig betroffen) in Studie 1 (MB) und der praxisnahen und technikerfahrenen Stichprobe (stark betroffen) in Studie 2 (MÜ) zu untersuchen, wurden Vergleiche mithilfe des Mann-Whitney-Tests durchgeführt, da keine Normalverteilung der erhobenen Variablen innerhalb der Stichproben bestand (siehe Anhang C). Die Ergebnisse sind in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9

*Unterschiede zwischen den Stichproben (Studie 1 und Studie 2)*

Skala	Mann-Whitney-U (128, 89)	<i>U</i>	<i>p</i>
Nutzen	4341.0 (427.63)	-2.322	.020*
Aufwand	6110.0 (422.80)	2.039	.041*
Sozialer Einfluss	6949.0 (418.90)	4.106	.000**
Begleitumstände	5802.0 (418.11)	1.423	.155
Vertrauen	6578.5 (420.29)	3.166	.002*
Nutzungsintention	5595.0 (428.82)	.660	.509
Reaktanz	5242.5 (433.70)	-.308	.758
Einstellung	8843.0 (412.38)	9.222	.000**
Geschlechtsrolle männlich positiv	7051.0 (445.26)	3.331	.001**
Geschlechtsrolle männlich negativ	3079.0 (439.12)	-5.377	.000**
Geschlechtsrolle weiblich positiv	5336.0 (446.77)	-.519	.604
Geschlechtsrolle weiblich negativ	3669.5 (443.40)	-4.137	.000**
Arbeitszufriedenheit	8062.0 (437.45)	5.957	.000**
Technikaffinität (Begeisterung)	8034.0 (447.52)	5.466	.000**
Technikaffinität (Kompetenz)	7304.0 (442.19)	5.024	.000**
Commitment	8256.5 (434.62)	6.676	.000**
Arbeitsmotivation	7463.5 (428.04)	5.171	.000**
Soziale Erwünschtheit	7908.5 (420.66)	6.617	.000**

Anmerkung. \* $p < .05$ ; \*\* $p < .001$ .

Die Ausprägungen der UTAUT-Variablen erwarteter Nutzen, erwarteter Aufwand und sozialer Einfluss unterschieden sich signifikant zwischen den Stichproben. Von den Variablen der Modellerweiterung unterschieden sich Vertrauen, männlich positive, männlich negative und

weiblich negative Geschlechtsrolle zwischen den Stichproben. Die Hypothese acht wurde bestätigt.

### 3.2.3.2 Gesamtmodell für die Praxisstichprobe.

H9: Es lassen sich postulierte Modellbeziehungen der UTAUT im Kontext der Mensch-Roboter-Kooperation in der Praxis bestätigen.

Das Modell der UTAUT wurde für die Praxisstichprobe ( $N = 128$ ) getestet. Dafür wurde analog zu Überprüfung der Hypothese eins in Studie 1 (MB) eine Regressionsanalyse mit der abhängigen Variable Nutzungsintention gerechnet. Im ersten Block (Methode: enter) waren Kontrollvariablen enthalten. Im zweiten Block (Methode: forward) wurden Effekte des Untersuchungsmodells (Nutzen, Aufwand, sozialer Einfluss) hinzugefügt. Im dritten Block (Methode: enter) wurden die Moderatoren (Alter, Geschlecht, Erfahrung) und im vierten Block (Methode: forward) die Interaktionen laut Modell hinzugefügt. Die Ergebnisse sind Tabelle 10 zu entnehmen (Voraussetzungen konnten als erfüllt angesehen werden, siehe Anhang C).

Tabelle 10  
Gesamtmodell der UTAUT in der Praxis

Block		<i>b</i>	<i>SE b</i>	$\beta$	<i>p</i>
1	Konstante	-.309	.251		.222
	Art der Intervention	.042	.112	.032	.707
	Einstellung zur Technik	.387	.104	.318	.000**
2	Konstante	-.449	.206		.031*
	Art der Intervention	.139	.092	.107	.131
	Einstellung zur Technik	.180	.089	.148	.044*
	Aufwand (zuerst aufgenommen)	.380	.076	.408	.000**
	Sozialer Einfluss (als zweites aufgenommen)	.275	.086	.259	.002*
3 <sup>a</sup>	Konstante	-.454	.225		.046*
	Art der Intervention	.161	.094	.123	.091
	Einstellung zur Technik	.167	.090	.137	.067
	Aufwand	.366	.078	.393	.000**
	Sozialer Einfluss	.289	.088	.271	.001*
	Alter	.034	.073	.034	.639
	Geschlecht	.156	.140	.079	.267
Erfahrung	-.135	.142	-.067	.346	

Anmerkung. Die Modellvariablen wurden z-standardisiert.  $R^2 = .106$  für Block 1 [Methode: enter] ( $p = .001^{**}$ );  $\Delta R^2 = .309$  für Block 2 [Methode: enter] ( $p = .000^{**}$ );  $\Delta R^2 = .011$  für Block 3 [Methode: forward] ( $p = .532$ ).  $N = 128$ .

<sup>a</sup> Es wurden keine Interaktionen signifikant und daher nicht ins Modell aufgenommen.

\* $p < .05$ ; \*\* $p < .001$ .

Der signifikante Block zwei der Analyse zeigte das Gesamtmodell für die Praxis ( $R^2 = .369$ ;  $p = .000$ ). Die Effekte des erwarteten Aufwands ( $\beta = .408$ ;  $p = .000$ ) und des sozialen Einflusses ( $\beta = .259$ ;  $p = .002$ ), welche in Block zwei dargestellt waren, waren signifikant. Block drei der Analyse enthielt die Effekte der Moderatorvariablen Alter, Geschlecht sowie Erfahrung und war ebenfalls signifikant ( $R^2 = .418$ ;  $p = .002$ ). Block vier, in dem die Interaktionen dieser Moderatorvariablen laut Untersuchungsmodell aufgenommen wurden, war nicht signifikant. Es ließ sich keine Interaktion und damit keine Moderation nachweisen, da keine neuen Variablen ins Modell aufgenommen wurden. Die Moderationen wurden auch in Einzelanalysen getestet, konnten jedoch auch in separater Betrachtung nicht bestätigt werden. Die Hypothese neun wurde wegen der signifikanten Effekte des erwarteten Aufwands und sozialen Einflusses dennoch bestätigt.

### ***3.2.3.3 Affektive Variablen in der Praxisstichprobe.***

H10: Vertrauen beeinflusst die Nutzungsintention bei einer Praxisstichprobe direkt positiv.

H11: Reaktanz beeinflusst die Nutzungsintention bei einer Praxisstichprobe direkt negativ.

Der Einfluss affektiver Variablen wurde, nachdem er in Studie 1 (MB) für Laien gezeigt werden konnte, analog dem Vorgehen zur Überprüfung der Hypothesen zwei und drei auch für die Praxisstichprobe ( $N = 128$ ) untersucht. Die Regressionsanalyse mit der abhängigen Variable Nutzungsintention enthielt in Block eins (Methode: enter) die Kontrollvariablen und signifikanten Modellbeziehungen. Im zweiten Block (Methode: forward) waren die affektiven Variablen Vertrauen und Reaktanz sowie die weiteren Variablen Arbeitszufriedenheit, Technikaffinität (Begeisterung), Technikaffinität (Kompetenz), Commitment, Arbeitsmotivation und soziale Erwünschtheit enthalten. Die Ergebnisse sind in Tabelle 11 aufgeführt (Voraussetzungen konnten als erfüllt angesehen werden, siehe Anhang C).

Im zweiten Block der Analyse zeigte sich, dass über die Kontrollvariablen und das adaptierte Modell hinaus, Vertrauen ein signifikanter Einflussfaktor auf die Nutzungsintention war ( $\beta = .213$ ;  $p = .004$ ); Reaktanz hingegen nicht, genauso wenig wie die weiteren untersuchten Variablen. Erwarteter Aufwand und sozialer Einfluss hatten signifikante Effekte. Vertrauen war zusätzlich ein signifikanter Einflussfaktor auf die Nutzungsintention. Die Hypothese zehn wurde bestätigt. Die Hypothese elf wurde zurückgewiesen.

Tabelle 11

*Affektive Variablen als Einflussfaktoren auf die Nutzungsintention in der Praxis*

Block		<i>b</i>	<i>SE b</i>	$\beta$	<i>p</i>
1	Konstante	-.449	.206		.031*
	Art der Intervention	.139	.092	.107	.131
	Einstellung zur Technik	.180	.089	.148	.044*
	Aufwand	.380	.076	.408	.000**
	Sozialer Einfluss	.275	.086	.259	.002*
2 <sup>a</sup>	Konstante	-.387	.201		.056
	Art der Intervention	.113	.089	.087	.207
	Einstellung zur Technik	.173	.086	.142	.047*
	Aufwand	.374	.074	.401	.000**
	Sozialer Einfluss	.206	.087	.194	.019*
	Vertrauen	.213	.073	.209	.004*

*Anmerkung.* Die Modellvariablen wurden z-standardisiert.  $R^2 = .417$  für Block 1 [Methode: enter] ( $p = .000^{**}$ );  $\Delta R^2 = .038$  für Block 2 [Methode: forward] ( $p = .004^*$ ).  $N = 128$ .

\* $p < .05$ ; \*\* $p < .001$ .

<sup>a</sup>ausgeschlossene Variablen: Reaktanz, Arbeitszufriedenheit, Technikaffinität (Begeisterung), Technikaffinität (Kompetenz), Commitment, Arbeitsmotivation, soziale Erwünschtheit.

### 3.2.3.4 Geschlechtsrolle in der Praxisstichprobe.

H12: Die Geschlechtsrolle beeinflusst die UTAUT-Variablen bei einer Praxisstichprobe.

Analog dem Vorgehen zur Analyse der Hypothesen vier und fünf in Studie 1 (MB) wurde für die Praxisstichprobe ( $N = 128$ ) eine Regressionsanalyse mit der abhängigen Variable Nutzungsintention gerechnet. In Block eins (Methode: enter) wurden die Kontrollvariable sowie das adaptierte Modell aufgenommen. Im zweiten Block (Methode: enter) wurden die Subskalen der Geschlechtsrolle zur Überprüfung der Effekte hinzugefügt. In Block drei (Methode: forward) wurden die Interaktionen der Geschlechtsrolle mit den signifikanten Variablen des Untersuchungsmodells Aufwand und sozialer Einfluss hinzugefügt.

Die Ergebnisse für die Analyse des Einflusses der Geschlechtsrolle auf die Nutzungsintention sind Tabelle 12 zu entnehmen (Voraussetzungen konnten als erfüllt angesehen werden, siehe Anhang C). Direkte Effekte der Geschlechtsrolle auf die Nutzungsintention konnten nicht nachgewiesen werden. Allerdings zeigten die signifikanten Interaktionen in Block drei zwischen männlich positiver Geschlechtsrolle und sozialem Einfluss sowie zwischen weiblich negativer Geschlechtsrolle und erwartetem Aufwand moderierende Effekte.

Tabelle 12

*Geschlechtsrolle als Einflussfaktor auf die Nutzungsintention in der Praxis*

Block		<i>b</i>	<i>SE b</i>	$\beta$	<i>p</i>
1	siehe Block 1 von Tabelle 11				
2	Konstante	-.452	.207		.031*
	Art der Intervention	.128	.092	.099	.165
	Einstellung zur Technik	.186	.088	.153	.036*
	Aufwand	.346	.078	.371	.000**
	Sozialer Einfluss	.266	.087	.250	.003*
	GR_m_pos	.136	.076	.131	.077
	GR_m_neg	.034	.085	.030	.689
	GR_w_pos	.090	.077	.084	.240
	GR_w_neg	-.050	.081	-.047	.539
3 <sup>a</sup>	Konstante	-.501	.203		.015*
	Art der Intervention	.143	.090	.110	.114
	Einstellung zur Technik	.179	.086	.147	.039*
	Aufwand	.375	.082	.403	.000**
	Sozialer Einfluss	.243	.085	.228	.005*
	GR_m_pos	.135	.075	.130	.073
	GR_m_neg	-.006	.084	-.005	.946
	GR_w_pos	.087	.075	.080	.246
	GR_w_neg	-.002	.081	-.002	.981
	Aufwand x GR_m_pos (zuerst aufgenommen)	.153	.067	.160	.025*
	Aufwand x GR_m_neg (als zweites aufgenommen)	.144	.070	.154	.042*

*Anmerkung.* Die Modellvariablen wurden z-standardisiert.  $R^2 = .417$  für Block 1 [Methode: enter] ( $p = .000^{**}$ );  $\Delta R^2 = .028$  für Block 2 [Methode: enter] ( $p = .206$ );  $\Delta R^2 = .039$  für Block 3 [Methode: forward] ( $p = .042^*$ ).  $N = 128$ .

GR\_m\_pos = positive männliche Geschlechtsrolle; GR\_m\_neg = negative männliche Geschlechtsrolle;

GR\_w\_pos = positive weibliche Geschlechtsrolle; GR\_w\_neg = negative weibliche Geschlechtsrolle.

<sup>a</sup> ausgeschlossene Variablen: weitere Interaktionen der Geschlechtsrolle.

\* $p < .05$ ; \*\* $p < .001$ .

In Block zwei der Analyse zeigte sich, dass kein direkter Effekt der Geschlechtsrolle auf die Nutzungsintention nachzuweisen war. Block drei hingegen war signifikant ( $R^2 = .484$ ). Es zeigte sich, dass die männlich positive ( $\beta = .160$ ;  $p = .025$ ) sowie negative Geschlechtsrolle ( $\beta = .154$ ;  $p = .042$ ) signifikante Moderatoren des Effektes des erwarteten Aufwands ( $\beta = .403$ ;  $p = .000$ ) auf die Nutzungsintention waren. Die Hypothese zwölf wurde folglich bestätigt.

### 3.2.3.5 Darbietungsform.

H13: Die Akzeptanz der Mensch-Roboter-Kooperation wird durch die Darbietungsform des kooperativen Roboters bei dessen Einführung beeinflusst (Vignette, Video, Interaktion).

In der Praxisstichprobe ( $N = 128$ ) wurden drei Darbietungsformen (Vignette, Video und Interaktion mit dem Roboter) gegenüber gestellt, um Unterschiede in der Akzeptanz zu prüfen. Zur Überprüfung der Hypothese wurde eine MANCOVA gerechnet. Die MANCOVA (Normalverteilung der Variablen innerhalb der Subgruppen war nur teilweise gegeben; alle weiteren Voraussetzungen konnten als erfüllt angesehen werden; siehe Anhang C) mit der Intervention als unabhängiger Variable, dem Erfahrungsgrad als Kontrollvariable und den Untersuchungsmodellvariablen als abhängige Variablen zeigte einen signifikanten Effekt der Intervention,  $F(5,108) = 3.258$ ;  $p = .009$  ( $\Theta = .149$ );  $\eta^2 = .130$ . In der anschließenden ANCOVA zeigte sich der Interventionseffekt für den erwarteten Nutzen ( $F(2,113) = 3.195$ ;  $p = .045$ ;  $\eta^2 = .054$ ). Kontraste zeigten den signifikanten Unterschied zwischen den geringen Werten der Interaktionsgruppe verglichen mit der Videogruppe (Abbildung 11). Personen in der Videobedingung hatten signifikant höhere Werte als Personen, die mit dem kooperativen Roboter interagieren konnten.

Für die Praxisstichprobe ließ sich konstatieren, dass der erwartete Nutzen durch ein Video gegenüber der Interaktion positiv beeinflussbar war. Die Hypothese 13 wurde bestätigt.

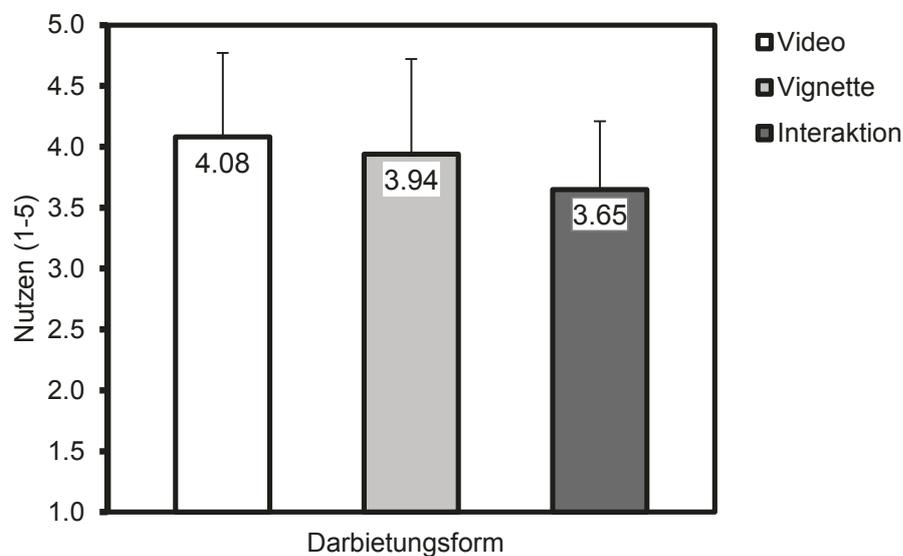


Abbildung 11. Unterschied der Darbietungsform im erwarteten Nutzen.

### **3.2.4 Diskussion.**

#### **3.2.4.1 Modellübertragung.**

H8: Laien und Technikerfahrene haben unterschiedliche Einschätzungen des kooperativen Roboters hinsichtlich der Untersuchungsmodellvariablen.

Die Hypothese acht wurde bestätigt. Die Besonderheiten der praxisnahen Stichprobe (Kap. 1.1) machten eine erneute Testung erforderlich. Zwar wurde bei dieser Analyse aufgrund des nicht-parametrischen Analyseverfahrens auf Kontrollvariablen verzichtet, dennoch deuten die signifikanten Unterschiede in der Verteilung der UTAUT-Modellvariablen (mit Ausnahme von Begleitumständen und Nutzungsintention) darauf hin, dass das in der Laienstichprobe (Studie 1) auf den Mensch-Roboter-Kontext übertragene und adaptierte Modell nicht identisch für die praxisnahe Stichprobe angewendet werden kann. Die erneute Anpassung des Modells an die praxisnahe Stichprobe war angezeigt. Zur Absicherung dieser Ergebnisse wurde das Untersuchungsmodell erneut anhand der praxisnahen Stichprobe getestet. Die unterschiedliche Ausprägung der UTAUT-Variablen konnte schon von Nasution (2007) für den sozialen Einfluss nachgewiesen werden. Hier wurde dies für die vorliegenden Stichproben und den Anwendungskontext erneut gezeigt und auf die weiteren UTAUT-Variablen Nutzen, Aufwand und Nutzungsintention ausgeweitet.

Die Untersuchung der Hypothesen an einer entsprechenden Stichprobe ist für die Untersuchung der Akzeptanz unerlässlich, da die Ergebnisse in einem eng umschriebenen Anwendungskontext und bei einer stark selbstselektierten Stichprobe von allgemeinen Befunden abweichen können. Auf Unterschiede zwischen Labor- und Felduntersuchungen bei Robotern sowie die Schwierigkeiten bei der Übertragbarkeit der Erkenntnisse weisen auch Yan, und Kollegen (2013) hin.

H9: Es lassen sich postulierte Modellbeziehungen der UTAUT im Kontext der Mensch-Roboter-Kooperation in der Praxis bestätigen.

Die Hypothese neun wurde bestätigt. Durch die Unterschiede der Stichproben (Laien in Studie 1: MB und Technikerfahrene in Studie 2: MÜ) wurde eine erneute Testung des Modells nötig.

Modellbeziehungen ließen sich in der praxisnahen Stichprobe nachweisen. Diese unterschieden sich von denen der Laienstichprobe. Die gleiche Analyse wie bei der

Laienstichprobe zeigt bei der praxisnahen Stichprobe der Montagearbeitenden ein anderes Bild. Dabei ist die Varianzaufklärung des Modells für die praxisnahe Stichprobe größer als in der Laienstichprobe. Auffällig ist zudem, dass die Daten nach den Kollinearitätsstatistiken (Toleranz, VIF, Konditionsindex) besser für eine Regression geeignet scheinen als bei der Laienstichprobe. Ein weiterer beachtenswerter Unterschied liegt in der hier negativen Konstante.

Dieser Befund unterstreicht die Wichtigkeit praxisnaher Untersuchungen. Aufgrund dessen wurden die folgenden Untersuchungen ausschließlich im Anwendungskontext durchgeführt.

H10: Vertrauen beeinflusst die Nutzungsintention bei einer Praxisstichprobe direkt positiv.

H11: Reaktanz beeinflusst die Nutzungsintention bei einer Praxisstichprobe direkt negativ.

Hypothese zehn wurde bestätigt, Hypothese elf hingegen nicht. Im Gegensatz zur Reaktanz, ist Vertrauen ein signifikanter Einflussfaktor auf die Nutzungsintention. Diese Hypothesen wurden für die praxisnahe Stichprobe überprüft, da sich die signifikanten Untersuchungsmodelle für die studentische Laien- und die praxisnahe Stichprobe der Technikerfahrenen voneinander unterscheiden. Dennoch gleicht dieses Ergebnis dem der Laienstichprobe. Dieser Befund scheint für den Kontext unabhängig von der untersuchten Population zu gelten.

H12: Die Geschlechtsrolle beeinflusst die UTAUT-Variablen bei einer Praxisstichprobe.

Die Hypothese zwölf wurde bestätigt. Grund für die Untersuchung der Annahme war die Geschlechtsverteilung in der Automobilmontage (Frauenanteil von 4.2% in der praxisnahen Stichprobe aus Studie 2). Bei dem geringen Frauenanteil der Stichprobe, liegt die Vermutung nahe, dass das stärker das Verhalten beeinflussende Persönlichkeitsmerkmal der Geschlechtsrolle (Berger, 2010) als Einflussvariable das Untersuchungsmodell beeinflusst. Bei dieser besonderen Zusammensetzung der Stichprobe ließ sich annehmen, dass gerade die männliche Geschlechtsrolle einen moderierenden Effekt einnimmt. Die männliche

Geschlechtsrolle (positiv und negativ) wurde als Moderator des Effekts des erwarteten Aufwands auf die Nutzungsintention identifiziert.

Für den Untersuchungskomplex eins lässt sich festhalten, dass das Modell der UTAUT in beiden Stichproben nachweisbar ist, allerdings mit unterschiedlichen signifikanten Modellbeziehungen. Ebenso zeigt sich der Einfluss des Vertrauens in beiden Studien als signifikanter Einfluss auf die Nutzungsintention. Die Geschlechtsrolle zeigt ihren Einfluss auf die UTAUT allerdings nur in der praxisnahen Stichprobe, vermutlich bedingt durch die Besonderheiten der Geschlechtsverteilung in der praxisnahen Stichprobe. Die Unterschiede der Ergebnisse zwischen der studentischen Laienstichprobe in Studie 1 (MB) und der praxisnahen Stichprobe Technikerfahrer in Studie 2 (MÜ) sind deutlich. Die signifikanten Effekte, ebenso wie die der Interaktionen, unterscheiden sich. So wird in Studie 1 (MB) der Effekt des erwarteten Nutzens, in Studie 2 (MÜ) die Effekte des erwarteten Aufwands und des sozialen Einflusses auf die Nutzungsintention signifikant. Die signifikante Moderation des Einflusses des erwarteten Nutzens auf die Nutzungsintention durch das Geschlecht lässt sich in der praxisnahen Stichprobe hingegen nicht nachweisen.

Diese Unterschiede der Ergebnisse sind aufgrund der Stichprobenzusammensetzung nicht weiter verwunderlich. Z. B. ist der Männeranteil in der Automobilmontage deutlich höher als unter Studierenden und auch die Altersverteilung variiert. Letztendlich konnte die UTAUT auf den Kontext der Automobilproduktion adaptiert werden. Mit den zusätzlichen Einflussfaktoren Vertrauen und Geschlechtsrolle konnte das Untersuchungsmodell für diesen Kontext bestätigt werden.

### ***3.2.4.2 Darbietungsform.***

H13: Die Akzeptanz der Mensch-Roboter-Kooperation wird durch die Darbietungsform des kooperativen Roboters bei dessen Einführung beeinflusst (Vignette, Video, Interaktion).

Die Hypothese 13 wurde bestätigt. Die Darbietungsform beeinflusst die Akzeptanz. Die Nutzungsintention der Stichproben ist nicht unterschiedlich (Kapitel 4.1.3), deren signifikanten Einflussvariablen allerdings schon. Daraus ergibt sich die Frage, ob sich die Nutzungsintention erhöhen lässt, wenn man die sie bestimmenden Einflussvariablen positiv beeinflusst, sodass die

Akzeptabilität gegenüber kooperativen Robotern erhöht und damit die Hemmschwelle zur Nutzung neuer Technik herabgesetzt werden kann.

In der Laienstichprobe (Studie 1: MB) zeigte sich, dass die Variablen des Untersuchungsmodells durch die Art der Darstellung beeinflussbar sind. Die Wahrnehmung der Begleitumstände lässt sich durch ein zusätzliches Video manipulieren. Die Formulierung von Vignetten hatte keinen Einfluss auf die Untersuchungsmodellvariablen.

In Studie 2 (MÜ) war der erwartete Nutzen durch die Darbietung eines Videos gegenüber der Interaktion mit dem kooperativen Roboter positiv beeinflussbar. Die Beeinflussbarkeit ist ein klares Indiz dafür, dass sich die Akzeptanz im Vorfeld der Techniknutzung erhöhen lässt.

Der Informationsgehalt zwischen Vignette, Video und Interaktion wurde konstant gehalten. Bei jeder Bedingung erhielten die Untersuchungsteilnehmenden die gleichen Informationen, wobei sich der visuelle Input beim Video, der haptische Eindruck bei der Interaktion und die rein kognitive Vorstellung bei der Vignette gegenüber standen. Alle drei Bedingungen stellen in der Realität mögliche Arten dar, den kooperativen Roboter den späteren Anwendern vorzustellen. Da das Video im Gegensatz zur Interaktion den kooperativen Roboter in seiner späteren realen Anwendungssituation darstellt, sodass die Arbeitenden einen Eindruck von dessen Anwendung und ihrer eigenen Aufgabe dabei bekommen konnten, mag dies die Einschätzung deutlich stärker beeinflusst haben als die Beschreibung bzw. bloße Handhabung ohne direkten Anwendungsbezug.

#### ***3.2.4.3 Kritische Einschätzung und Ausblick.***

Die Untersuchungsmodellbeziehungen in den Studien 1 (MB) und 2 (MÜ) unterscheiden sich voneinander. Gerade die verbesserte Wahrnehmung des Nutzens des kooperativen Roboters in der Videobedingung gegenüber der Interaktionsbedingung legt die Vermutung nahe, dass die Vorstellung der Arbeitsweise des kooperativen Roboters in der konkreten Anwendungssituation eine wichtige Rolle für dessen Akzeptanz spielt. Die Vermutung, dass die unterschiedliche Erfahrung als Ursache dieser Unterschiede infrage kommt, wurde allerdings nicht getestet. Hier stellt sich eine Forschungsfrage, der in der folgenden Studie nachgegangen wird.

Die Unterschiedlichkeit der Stichproben und deren Einschätzung der Untersuchungsmodellvariablen verlangte eine erneute Testung des Modells. Lediglich die Erweiterung durch die Variable Vertrauen bestätigte sich in beiden Stichproben gleichermaßen. Die Befragung der praxisnahen Stichprobe in Studie 2 (MÜ) scheint durch die Nähe zur Anwendungssituation valider. Dennoch können die Ergebnisse der Studie 1 (MB) nicht

übergangen werden. Vielmehr müssen die Ergebnisse beider Studien berücksichtigt werden, da die Ursache der unterschiedlichen Ergebnisse der Untersuchungsmodellbeziehungen nicht geklärt werden kann. In der folgenden Studie 3 (FL) wird daher die Erfahrung als eine mögliche Ursache für die Unterschiede der Stichproben näher betrachtet.

### **3.3 Studie 3: Der Einfluss der Erfahrung (FL)**

#### **3.3.1 Hintergrund und Hypothesen.**

In den Studien 1 (MB) und 2 (MÜ) zeigten sich unterschiedliche Untersuchungsmodellbeziehungen. In Studie 1 (MB) wurden Laien und in Studie 2 (MÜ) Technikerfahrene befragt. Als eine mögliche Ursache der unterschiedlichen Untersuchungsmodellbeziehungen sollte nun die Erfahrung der Befragten betrachtet werden. Da diese als Ursache für die gefundenen Unterschiede der Untersuchungsmodellbeziehungen zwischen den Stichproben infrage kam (Kap. 2.3.1.3) und möglicherweise die erhöhte Wahrnehmung des Nutzen des kooperativen Roboters in der situationsnahen Videointervention, bei der ein konkreter Anwendungsfall gezeigt wurde, gegenüber der weniger situationsnahen Interaktion erklären könnte (Studien 1 und 2). Folgende Hypothesen wurden in Studie 3 (FL) adressiert.

Untersuchungskomplex 2: Einfluss der Erfahrung auf die Akzeptanz

Unterscheidet sich die Akzeptanz gegenüber kooperativen Robotern abhängig vom Erfahrungsgrad?

- H14: Sowohl die Erfahrung mit dem kooperativen Roboter, als auch die Erfahrung mit der Montageaufgabe beeinflussen die Akzeptanz kooperativer Roboter direkt positiv.
- H15: Die Erfahrung mit einem kooperativen Roboter und dessen Anwendungssituation beeinflussen die Akzeptanz unabhängig voneinander direkt positiv.

#### **3.3.2 Methodik.**

##### **3.3.2.1 Stichprobe.**

Es wurde eine Gesamterhebung aller bis dato mit dem kooperativen Roboter hantierenden Montagetätigkeitsausführenden durchgeführt. Es nahmen zwölf Männer an der Befragung teil. Eine Person machte keine Angaben zum Geschlecht. Die Befragten waren zwischen 24 und 54 Jahren ( $M =$

32.45;  $SD = 9.04$ ) alt. Deren Befragungsergebnisse wurden mit denen der Stichproben der Studien 1 (MB; Kap. 3.1.2.1) und Studie 2 (MÜ; Kap. 3.2.2.1) zusammengeführt.

Für die Beantwortung der Hypothesen des Untersuchungskomplexes 2 wurden die drei zusammengeführten Substichproben anhand des Erfahrungsniveaus bezogen auf kooperativer Roboter und Fließbandmontage in vier Gruppen eingeteilt. So nahmen Personen, die weder mit der Fließbandmontage noch dem Konzept kooperativer Roboter vertraut waren ( $n = 144$ ), Personen, die mit der Fließbandmontage, aber nicht mit dem Konzept kooperativer Roboter vertraut waren ( $n = 39$ ), Personen, die mit dem Konzept kooperativer Roboter, aber nicht mit der Fließbandmontage vertraut waren ( $n = 10$ ) und Personen, die sowohl mit der Fließbandmontage, als auch mit dem Konzept kooperativer Roboter vertraut waren ( $n = 26$ ), an den Studien teil. 11 Personen ließen sich aufgrund fehlender Angaben nicht einordnen.

### ***3.3.2.2 Prozedur.***

Die Montagearbeitenden erhielten den gleichen Fragebogen wie die Trainingsteilnehmenden (Anhang D). Allerdings mussten sie diesen in ihrer Freizeit bearbeiten. Ausgehändigt wurde der Fragebogen durch die Vorgesetzten. Zur anonymen Abgabe standen für drei Wochen Briefkästen zur Verfügung.

### ***3.3.2.3 Messinstrumente.***

Es kamen Messinstrumente analog zu Studie 1 (MB) und 2 (MÜ) zum Einsatz (Tabelle 2). Diese wurden den Probanden gemeinsam mit demografischen Variablen in einem Fragebogen präsentiert. Dabei wurde auch die Erfahrung der Befragten mit der Fließbandmontage sowie kooperativen Robotern abgefragt. Eine Übersicht der Skalen ist Tabelle 13 zu entnehmen. Cronbachs  $\alpha$  wies auf eine akzeptable bis exzellente interne Konsistenz hin. Ausnahmen waren die Skalen der Nutzungsintention, des Aufwands, der Begleitumstände und der weiblich negativen Geschlechtsrolle mit einer hinreichenden internen Konsistenz.

Tabelle 13  
Übersicht über die verwendeten Skalen in Studie 3 (FL)

Skala	<i>N</i>	Anzahl der Items	<i>M</i> ( <i>SD</i> )	Cronbachs $\alpha$
Nutzen	13	3	4.44 (.66)	.887
Aufwand <sup>a</sup>	13	3	4.62 (.40)	.561 (* .882)
Sozialer Einfluss	12	2	4.33 (.58)	.727
Begleitumstände	13	2	4.58 (.49)	.579
Vertrauen	13	2	4.65 (.55)	.938
Nutzungsintention	13	3	4.13 (.79)	.633 (* .917)
Reaktanz	13	4	1.37 (.56)	.765
Einstellung	10	3	4.67 (.47)	.950
Erfahrung mit der Fließbandmontage <sup>b</sup>	219	1	6.30 (.46)	-
Erfahrung mit dem kooperativen Roboter <sup>b</sup>	230	1	2.34 (.75)	-
Geschlechtsrolle männlich positiv	13	6	5.75 (.93)	.877
Geschlechtsrolle männlich negativ	13	6	1.71 (.77)	.807
Geschlechtsrolle weiblich positiv	13	6	4.77 (1.19)	.901
Geschlechtsrolle weiblich negativ	13	6	1.96 (.68)	.576

*Anmerkung.* Der Range für die Skala der Geschlechtsrolle liegt bei 1-7, für alle anderen bei 1-5. *N* = 13.

<sup>a</sup> Die Items für die Skala Aufwand sind negativ gepolt, sodass hohe Skalenwerte eine geringe Aufwandseinschätzung widerspiegeln.

<sup>b</sup> Die Erfahrung wurde in Monaten erfasst.

\* Cronbachs  $\alpha$ , wenn ein Item weggelassen; dennoch Verwendung der kompletten Skala um die Vergleichbarkeit zu den anderen Studien zu gewährleisten.

### 3.3.3 Ergebnisse zum Erfahrungsgrad: Unterscheidet sich die Akzeptanz gegenüber kooperativen Robotern abhängig vom Erfahrungsgrad?

H14: Sowohl die Erfahrung mit dem kooperativen Roboter, als auch die Erfahrung mit der Montageaufgabe beeinflussen die Akzeptanz kooperativer Roboter direkt positiv.

Um zu untersuchen, auf welche der Untersuchungsmodellvariablen sich die Erfahrung der Untersuchungsteilnehmenden auswirkt, wurden Regressionsanalysen (*N* = 230) gerechnet. Die abhängigen Variablen waren die Variablen des Untersuchungsmodells (Nutzen, Aufwand, sozialer Einfluss, Begleitumstände, Nutzungsintention). Im ersten Schritt wurden die Kontrollvariablen aufgenommen. Im zweiten Schritt (Methode: enter) wurden die Variablen zur Erfahrung mit dem Roboter und der Erfahrung mit der Montagearbeit aufgenommen. Im dritten Schritt (Methode: enter) wurde die Interaktion der Erfahrungsvariablen miteinander hinzugefügt. Während sich kein Einfluss der Erfahrung auf Nutzen, Aufwand und Nutzungsintention feststellen ließ, sind die signifikanten Gesamtmodelle der

Regressionsanalysen auf den sozialen Einfluss und die Begleitumstände in Tabelle 14 zusammengefasst (Voraussetzungen können als erfüllt angesehen werden, siehe Anhang C).

Tabelle 14

## 2 Regressionsanalysen der Untersuchungsmodellvariablen auf Erfahrung Fließband / Roboter

Block		<i>b</i>	<i>SE b</i>	$\beta$	<i>p</i>
Regressionsanalyse mit der abhängigen Variable sozialer Einfluss					
1	Konstante	3.297	.465		.000**
	Art der Intervention	-.066	.066	-.078	.324
	Wortlaut der Intervention	-.026	.192	-.011	.891
	Einstellung zur Technik	.139	.052	.193	.007*
2 <sup>a</sup>	Konstante	2.600	.530		.000**
	Art der Intervention	.138	.089	.164	.122
	Wortlaut der Intervention	.169	.202	.071	.401
	Einstellung zur Technik	.087	.052	.121	.093
	Erfahrung am Fließband	.176	.065	.195	.007*
	Erfahrung mit dem Roboter	.222	.090	.227	.015*
Regressionsanalyse mit der abhängigen Variable Begleitumstände					
1	Konstante	4.269	.435		.000**
	Art der Intervention	-.071	.062	-.092	.252
	Wortlaut der Intervention	-.355	.179	-.161	.049
	Einstellung zur Technik	.106	.048	.159	.028
2	Konstante	3.882	.509		.000**
	Art der Intervention	.035	.086	.045	.684
	Wortlaut der Intervention	-.247	.194	-.112	.203
	Einstellung zur Technik	.082	.050	.123	.098
	Erfahrung am Fließband	.072	.062	.086	.249
	Erfahrung mit dem Roboter	.123	.087	.136	.157
3	Konstante	3.689	.509		.000**
	Art der Intervention	.038	.084	.049	.653
	Wortlaut der Intervention	-.207	.192	-.094	.281
	Einstellung zur Technik	.100	.049	.150	.044
	Erfahrung am Fließband	.047	.062	.056	.454
	Erfahrung mit dem Roboter	.022	.094	.024	.815
	Erfahrung Fließband x Roboter	.166	.064	.207	.010*

*Anmerkung.* Die Modellvariablen wurden z-standardisiert. Regressionsanalyse mit der abhängigen Variable sozialer Einfluss:  $R^2 = .051$  für Block 1 [Methode: enter] ( $p = .008^*$ ),  $\Delta R^2 = .068$  für Block 2 [Methode: enter] ( $p = .000^{**}$ ),  $\Delta R^2 = .011$  für Block 3 [Methode: enter] ( $p = .099$ ); Regressionsanalyse mit der abhängigen Variable Begleitumstände:  $R^2 = .033$  für Block 1 [Methode: enter] ( $p = .053$ ),  $\Delta R^2 = .018$  für Block 2 [Methode: enter] ( $p = .117$ ),  $\Delta R^2 = .028$  für Block 3 [Methode: enter] ( $p = .010^*$ ).  $N = 230$ .

<sup>a</sup> ausgeschlossene Variablen: Interaktion der Erfahrungsvariablen.

\* $p < .05$ ; \*\* $p < .001$ .

Die Erfahrung mit dem Roboter beeinflusste den erwarteten Aufwand positiv ( $\beta = .254$ ;  $p = .000$ ) ebenso wie den sozialen Einfluss ( $\beta = .198$ ;  $p = .005$ ). Der soziale Einfluss wurde überdies durch die Erfahrung mit Fließbandarbeit beeinflusst ( $\beta = .187$ ;  $p = .005$ ). In beiden

Regressionsanalysen zeigten sich keine signifikanten Interaktionen. Für die Regressionsanalyse mit der abhängigen Variable Begleitumstände zeigte sich hingegen eine Interaktion zwischen Erfahrung am Fließband und mit dem Roboter ( $\beta = .190$ ;  $p = .012$ ). Auf die Variablen Nutzen und Nutzungsintention des Untersuchungsmodells hatte die Erfahrung keinen signifikanten Einfluss. Die Hypothese 14 wurde bestätigt.

H15: Die Erfahrung mit einem kooperativen Roboter und dessen Anwendungssituation beeinflussen die Akzeptanz unabhängig voneinander direkt positiv.

Zur weiterführenden Untersuchung des Einflusses der Erfahrung auf die Ausprägung der Untersuchungsmodellvariablen wurde die Gesamtstichprobe in vier Gruppen gemäß ihrer Erfahrung im Umgang mit dem Roboter bzw. ihrer Erfahrung am Fließband eingeteilt. Diese Gruppen wurden in einer MANCOVA hinsichtlich der Untersuchungsmodellvariablen Nutzen, Aufwand, sozialer Einfluss, Begleitumstände und Nutzungsintention unter Kontrolle für die jeweilige Studie und Intervention miteinander verglichen.

Die MANCOVA (Normalverteilung der Variablen innerhalb der Subgruppen war nur teilweise gegeben; Box-Test war signifikant:  $F(45,3197) = 1.472$ ;  $p = .022$ , weswegen Hotellings  $T^2$  als robuste Teststatistik gewählt wurde; alle weiteren Voraussetzungen konnten als erfüllt angesehen werden; siehe Anhang C) zeigte einen signifikanten Effekt des Erfahrungslevels auf die Variablen des Untersuchungsmodells [ $F(15,584) = 2.138$ ,  $p = .007$  ( $T^2 = .175$ );  $\eta^2 = .052$ ] (Abbildung 12). Deskriptiv waren die Mittelwerte für Erfahrung mit dem Roboter und am Fließband bei Aufwand, sozialem Einfluss, Begleitumständen und Nutzungsintention gegenüber den anderen Gruppen erhöht. Eine anschließende ANCOVA mit einfachen Kontrasten bestätigte die signifikanten Unterschiede durch die Erfahrung in den Variablen erwarteter Nutzen [ $F(3,200) = 2.959$ ;  $p = .033$ ;  $\eta^2 = .042$ ] und sozialer Einfluss [ $F(3,20) = 3.538$ ;  $p = .016$ ;  $\eta^2 = .050$ ].

Für den sozialen Einfluss zeigten die Kontraste, dass Personen, die sowohl die Montagearbeit als auch den Roboter kannten, höhere Werte als die übrigen Gruppen aufwiesen. Fließbanderfahrene Personen hatten höhere Werte bei dem erwarteten Nutzen als die robotererfahrenen Personen. Die Hypothese 15 wurde bestätigt.

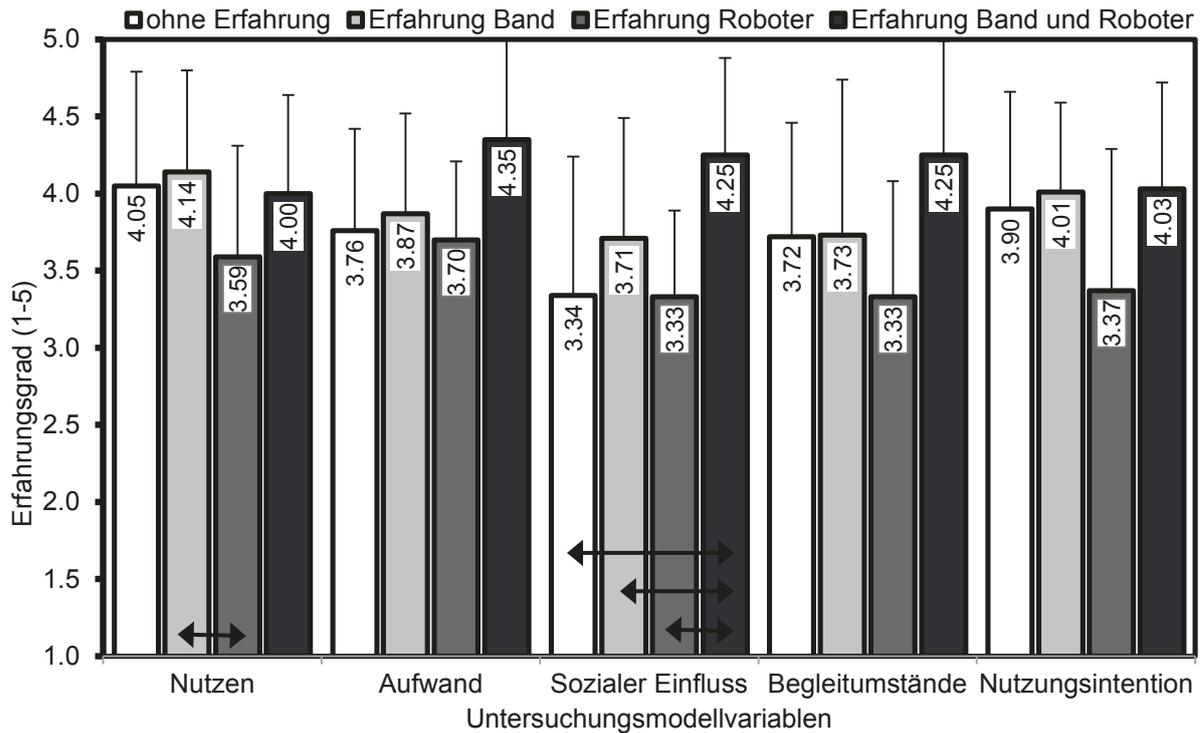


Abbildung 12. Kontraste der Untersuchungsmodellvariablen abhängig von der Erfahrung.

### 3.3.4 Diskussion.

#### 3.3.4.1 Der Einfluss der Erfahrung.

In Untersuchungskomplex zwei wurde verstärkt auf den in Untersuchungskomplex eins gefundenen Unterschied der Stichproben fokussiert. Die Modellvariablen der beiden Studien unterscheiden sich fast alle signifikant voneinander (H8). Da sich die Stichproben der Studien 1 (MB) und 2 (MÜ) im Erfahrungsgrad unterscheiden, wurde die Erfahrung als die Stichproben unterscheidende Variable näher untersucht.

H14: Sowohl die Erfahrung mit dem kooperativen Roboter, als auch die Erfahrung mit der Montageaufgabe beeinflussen die Akzeptanz kooperativer Roboter direkt positiv.

H15: Die Erfahrung mit einem kooperativen Roboter und dessen Anwendungssituation beeinflussen die Akzeptanz unabhängig voneinander direkt positiv.

Beide Hypothesen wurden bestätigt. Ausgehend von den Populationsunterschieden, welche die Ergebnisse der Studien 1 und 2 zwischen Studierenden (Laien) und Arbeitenden in der Automobilproduktion (Technikerfahrenen) nahe legen, wurde die Erfahrung als mögliche Ursache der unterschiedlich ausgeprägten Effekte angenommen. Während die Studierenden weder den Prozess, noch den Umgang mit kooperativen Robotern kannten, unterschieden sich

die Arbeitenden durch ihre Erfahrung in der Fließbandmontage und im Umgang mit kooperativen Robotern von ihnen. Daher mussten beide Dimensionen der Erfahrung, die der Fließbandmontage und die des Umgangs mit dem kooperativen Roboter, untersucht werden.

Erfahrung in der Fließbandarbeit sowie Erfahrung mit dem Roboter beeinflussen die Variablen des Untersuchungsmodells positiv. Es konnte gezeigt werden, dass die Erfahrung im Umgang mit kooperativen Robotern ebenso wie die Erfahrung am Fließband den erwarteten Aufwand, sozialen Einfluss und in der Interaktion miteinander die Begleitumstände beeinflusst. Die Kenntnis des Roboters scheint wichtig zu sein für die Einschätzung des erwarteten Aufwands, auch wenn sie sich zum tatsächlichen Anwendungsfall stark unterscheidet. Ebenso ist der soziale Einfluss durch die Robotererfahrung beeinflusst. Wenn man den Roboter kennt und der Einsatz in absehbarer Zukunft geschehen wird, also kein abstraktes Zukunftsereignis mehr darstellt, scheint die Einschätzung der Mitmenschen mehr Gewicht zu bekommen. Auch die signifikante Interaktion der Erfahrungsvariablen (Roboter und Montagearbeit) für die Begleitumstände erscheint plausibel, da erst durch die Einschätzung des Roboters und der Einsatzumgebung die für den Einsatz wichtigen Begleitumstände abgeschätzt werden können.

#### ***3.3.4.2 Kritische Einschätzung und Ausblick.***

Sowohl die Erfahrung mit dem kooperativen Roboter als auch die Erfahrung in der Anwendungssituation am Fließband zeigten sich als Einflussfaktoren auf die Untersuchungsmodellvariablen sozialen Einfluss und Begleitumstände. Des Weiteren unterscheiden sich Gruppen unterschiedlicher Roboter- bzw. Fließbandmontageerfahrung im wahrgenommenen Nutzen und sozialen Einfluss. Die Erfahrung mit kooperativen Robotern sowie die Erfahrung in der Anwendungssituation Fließbandmontage beeinflusst die Untersuchungsmodellvariablen.

Diese Befunde sind spezifisch für die untersuchte Technik und die Anwendungssituation. Zudem gibt es weitere mögliche Ursachen neben der Erfahrung für die unterschiedliche Ausprägung der Untersuchungsmodellvariablen, die aber nicht untersucht wurden. Hier öffnet sich ein Forschungsfeld, welches durch die Untersuchung des Einflusses der Erfahrung nur angerissen werden konnte. Auf eine Untersuchung weiterer Ursachen wird zugunsten der Überprüfung einer praktischen Anwendung der bisherigen Studienergebnisse zur Akzeptanzsteigerung sowie der Überprüfung der Auswirkung der Akzeptanz auf ein objektives Kriterium der Arbeitsausführung, wie im Untersuchungsmodell vorgesehen, verzichtet.

### 3.4 Studie 4: Informationskonzept (IK)

#### 3.4.1 Hintergrund und Hypothesen.

Studie 4 (IK) diente der Überprüfung der praktischen Anwendung der bisherigen Ergebnisse. Zudem sollte die Auswirkung der Akzeptanz auf die Erweiterung des Untersuchungsmodells im Hinblick auf die Arbeitsausführung untersucht werden.

Für die experimentelle Testung der praktischen Anwendung zur Akzeptanzsteigerung war die Integration der bisherigen Forschungsergebnisse zur Beeinflussbarkeit der Untersuchungsmodellvariablen in einem Informationskonzept für die praktische Anwendung zentral. Darüber hinaus sollte die Möglichkeit geprüft werden, ob das auf der einen Allgemeinheitsanspruch zur Erklärung der Akzeptanz jedweder neuartiger Technik vertretende Modell der UTAUT (Venkatesh et al., 2003) fußende Informationskonzept nicht nur für kooperative Roboter, sondern auch andere Arten neuartiger Technik angewendet werden könnte. Dafür wurde anhand der Klassifikation von Parasuraman und Kollegen (2000) ein zum betrachteten UR-10 im Anwendungsfall möglichst konträre Unterstützungssystem gesucht. Folgende Hypothesen wurden in Studie 4 (IK) adressiert.

Untersuchungskomplex 2: Einfluss der Erfahrung auf die Akzeptanz

- Unterscheidet sich die Akzeptanz vor und nach der Technikanwendung?  
H17: Die Akzeptanz verändert sich durch die Nutzung von Mensch-Roboter-Kooperationen positiv.
- Hat die Akzeptanz einen Einfluss auf die Arbeitsqualität?  
H18: Hohe Akzeptanzwerte gehen mit geringen Fehlern bei der Arbeitsausführung einher.

Untersuchungskomplex 3: Modellanwendung - Erhöhung der Akzeptanz durch Intervention

- Beeinflusst die Art der Information die Akzeptanz im speziellen Anwendungsfall?  
H16: Die Variablen der UTAUT haben einen unterschiedlich starken Einfluss auf die Akzeptanz der Mensch-Roboter-Kooperation.
- Modellanwendung auf praktische Fragestellung: Ist ein auf der UTAUT fußendes Informationskonzept für kooperative Roboter wirksam?  
H19: Durch ein Informationskonzept erhöht sich die Akzeptanz.
- Verallgemeinerung: Lassen sich die Ergebnisse auf andere Mensch-Technik-Kooperationen im Produktionsprozess übertragen?

H20: Das Informationskonzept lässt sich durch die Verallgemeinerbarkeit der zugrunde liegenden UTAUT auch auf andere Technik übertragen

### **3.4.2 Pilotstudie Experteninterview (EI).**

In Studie 3 (FL) hatte sich gezeigt, dass sich die Erfahrung mit dem kooperativen Roboter positiv auf die Akzeptanz auswirkte. Erfahrene zeigten höhere Werte in einigen Modellvariablen. In einer Pilotstudie sollte nun qualitativ untersucht werden, welche Modellvariablen besonders wichtig für die hohe Akzeptanz gegenüber dem kooperativen Roboter sind, denn auch deren Beziehungen untereinander sind je nach Untersuchungskontext unterschiedlich stark ausgeprägt (Taiwo & Downe, 2013).

#### ***3.4.2.1 Stichprobe der Pilotstudie.***

Es nahmen neun Experten der Mensch-Roboter-Kooperation an einem Interview teil. Alle waren männlich und gehörten einer Arbeitsgruppe an. Nichtsdestotrotz waren sie in verschiedenen organisatorischen Bereichen verankert und unterschieden sich in ihrer Funktion innerhalb des Unternehmens. So nahmen vier Planer, zwei Entwickler, zwei Programmierer, ein Sicherheitstechniker und ein Projektmanager an der Befragung teil. Sie hatten Erfahrung im Umgang mit dem UR-10 von mindestens neun Monaten ( $M = 16.17$ ;  $SD = 5.23$ ) und damit deutlich länger als die befragten Fließbandarbeitenden.

#### ***3.4.2.2 Prozedur der Pilotstudie.***

Um zu identifizieren, welche der UTAUT-Variablen in welchem Umfang zur Information späterer Roboteranwender für eine Akzeptanzerhöhung herangezogen werden konnte, wurde ein Experteninterview durchgeführt. Die Experten wurden befragt, in welcher Rangfolge die Modellvariablen (Nutzen, Aufwand, sozialer Einfluss, Begleitumstände) ihrer Meinung nach wichtig für die Akzeptanz des kooperativen Roboters sind.

Das Experteninterview war ein strukturiertes Interview mit offenen und geschlossenen Fragen (Anhang E). Es dauerte etwa 20 Minuten und wurde für alle Experten von demselben Interviewer durchgeführt, der auch die Transkription und Klassifizierung der Antworten vornahm.

#### ***3.4.2.3 Messinstrumente der Pilotstudie.***

Es kamen Messinstrumente analog zu den Studien 1, 2 und 3 zum Einsatz (Tabelle 2). Diese wurden den Probanden gemeinsam mit demografischen Variablen in einem strukturierten Interview präsentiert. Eine Übersicht der Skalen ist Tabelle 15 zu entnehmen.

Tabelle 15

*Übersicht über die verwendeten Skalen in der Pilotstudie (EI)*

Skala	<i>N</i>	Anzahl der Items	<i>M</i> ( <i>SD</i> )
Nutzen	9	3	4.00 (.53)
Aufwand*	9	3	4.22 (.24)
Sozialer Einfluss	8	2	4.06 (.42)
Begleitumstände	9	2	4.50 (.43)
Nutzungsintention	9	3	4.44 (.69)

*Anmerkung.* Der Range für die Skalen liegt bei 1-5. *N* = 9.

\* Die Items für die Skala Aufwand sind negativ gepolt, sodass hohe Skalenwerte eine geringe Aufwandseinschätzung widerspiegeln.

#### **3.4.2.4 Ergebnisse der Pilotstudie.**

H16: Die Variablen der UTAUT haben einen unterschiedlich starken Einfluss auf die Akzeptanz der Mensch-Roboter-Kooperation.

Zur Bewertung der Relevanz der Einflussfaktoren der UTAUT wurden neun Experten in einem Interview (Studie 4: EI) hinsichtlich ihrer persönlichen Rangfolge der Einflussfaktoren der UTAUT befragt. Bedingt durch die Unterschiedlichkeit der persönlichen Rangfolgen, wurde eine mittlere Rangfolge gebildet. Die unterschiedlichen persönlichen Rangfolgen wurden aggregiert. Dann wurde anhand der Häufigkeiten der Nennung der Faktoren auf den Rängen eine mittlere Rangfolge ermittelt. Diese zeigte als wichtigsten Einflussfaktor den erwarteten Nutzen vor dem erwarteten Aufwand, gefolgt von den Begleitumstände und dem sozialen Einfluss als unwichtigstem Einflussfaktor der UTAUT:

Rang 1: Nutzen

Rang 2: Aufwand

Rang 3: Begleitumstände

Rang 4: Sozialer Einfluss

Die Rangfolge deutete auf einen unterschiedlich starken Einfluss der Variablen auf die Akzeptanz der Mensch-Roboter-Kooperation hin. Die Hypothese 16 wurde bestätigt. Die Rangfolge bildete die Grundlage für eine Gewichtung der relevanten Informationen zur Erarbeitung eines Informationskonzeptes für den betrachteten Anwendungsfall.

### **3.4.3 Methodik.**

#### **3.4.3.1 Stichprobe.**

Um das Informationskonzept unter Realbedingungen zu testen, wurden 30 Teilnehmende eines Trainings für Montagefähigkeiten in der Automobilproduktion befragt. Alle Teilnehmenden durchliefen ein zweitägiges Training, in welchem ihre Fertigkeiten in der Automobilmontage in Geschwindigkeit und Qualität geschult und anschließend getestet wurden.

Die Teilnehmenden waren zwischen 14 und 54 Jahren alt ( $M = 28.34$ ;  $SD = 10.60$ ). 26 waren männlich, drei weiblich und eine Person machte dazu keine Angaben.

#### **3.4.3.2 Prozedur.**

Fußend auf der Annahme, dass die UTAUT-Variablen unterschiedlich wichtig für die Akzeptanz der Mensch-Roboter-Interaktion seien, erstellten neun Experten eine Rangliste der Einflussvariablen. Entsprechend dieser Reihenfolge wurde ein Informationskonzept (Anhang F), welches aus Text- und Videomaterial bestand, erarbeitet.

Das Informationskonzept sollte neuen Mitarbeitenden (Unerfahrenen) den kooperativen Roboter nahe bringen. Dafür enthielt es mehr Informationen, welche den zu erwarteten Nutzen betonen als solche, welche den zu erwarteten Aufwand betonten. Deutlich weniger Informationen wurden zu den Begleitumständen und am wenigsten zum sozialen Einfluss präsentiert. Die Grundlage für diese Einteilung lieferte das Experteninterview und die Einschätzung der Wichtigkeit relevanter Informationen aus dem Untersuchungsmodell durch die Experten. Unterstützt wurden die Informationen in der Darbietung durch eine visuelle Veranschaulichung mittels eines Videos.

Zur Testung des daraus entstandenen Informationskonzeptes wurde 15 Personen ein für den kooperativen Roboter erarbeitetes Informationskonzept präsentiert. Weiteren 15 Personen wurde ein Informationskonzept für eine zweite, kognitive Mensch-Technik-Kooperation (via Smartwatch / Smartglasses) präsentiert. Die Informationskonzepte unterschieden sich hinsichtlich der Gerätespezifikationen.

Den Teilnehmenden wurde ein Fragebogen zu zwei Messzeitpunkten präsentiert (Anhang G). Der Fragebogen zum ersten Messzeitpunkt sollte vor der Trainingsaufgabe, der Montage an einer Karosserie, ausgefüllt werden. Nach der Montageaufgabe wurde der Experimentalgruppe Roboter ( $n = 15$ ) ein Informationskonzept zum kooperativen Roboter präsentiert, um anschließend den zweiten Fragebogen zu bearbeiten. Die Experimentalgruppe

kognitive Mensch-Technik-Kooperation ( $n = 15$ ) bekam bei gleichem Ablauf ein Informationskonzept für Smartwatch bzw. Smartglasses präsentiert.

Beide Experimentalgruppen erhielten ein auf dem Untersuchungsmodell fußendes Informationskonzept. Als Kontrollgruppe für die Intervention des Informationskonzepts für kognitive Unterstützungssysteme fungierte die Roboterinterventionsgruppe der Studie 4 (IK). Beide Gruppen unterschieden sich hinsichtlich ihrer Einschätzung zu kognitiven Unterstützungssystemen zum ersten Messzeitpunkt nicht signifikant voneinander. Als Kontrollgruppe für die Intervention des Roboterinformationskonzeptes fungierte die Teilstichprobe der Roboterinteraktion aus Studie 2 (MÜ), da sich die Experimentalgruppen der Studie 4 (IK) hinsichtlich der Einschätzung des kooperativen Roboters zum ersten Messzeitpunkt signifikant voneinander unterschieden.

Neben der Untersuchung der Wirksamkeit des Informationskonzepts wurde in der Studie auch der Einfluss der Akzeptanz auf die Arbeitsqualität untersucht. Während der Montageaufgabe wurde daher die Qualität der Aufgabe über die Fehlerwerte bei der Aufgabenausführung operationalisiert.

Die Montageaufgabe bestand aus 19 Teilhandlungen verschiedener Schwierigkeit (Anhang H). Die Teilhandlungen deckten alle benötigten Grundfertigkeiten, wie Schrauben (auch über Kopf), Steckverbindungen anbringen oder Werkzeugnutzung ab, die für die Montagearbeit benötigt wurden. Für die Teilnehmenden gab es Vorgaben, welche Teile wann, wie montiert werden sollten. Diese Vorgaben waren in einem Standardarbeitsblatt festgehalten und orientierten sich an der Aufgabenerfüllung von erfahrenen Montagearbeitenden. Am Ende des Trainings konnten alle Teilnehmenden die Montageaufgaben zeitlich und qualitativ auf dem Niveau erfahrener Montagearbeitenden bewältigen. Das Training war für alle Montagearbeitenden verpflichtend. Allerdings konnte nicht immer realisiert werden, dass neue Mitarbeitende an ihrem ersten Tag das Training absolvieren. Daher gab es Teilnehmende, die erst nach längerer Zeit als Montagearbeitende das Training durchliefen.

#### ***3.4.3.3 Messinstrumente.***

Es kamen Messinstrumente analog zu den vorherigen Studien zum Einsatz (Tabelle 2). Diese wurden den Probanden gemeinsam mit demografischen Variablen in einem Fragebogen präsentiert. Eine Übersicht der Skalen ist Tabelle 16 zu entnehmen. Cronbachs  $\alpha$  wies auf eine akzeptable bis exzellente interne Konsistenz hin. Ausnahmen waren die Skalen der Nutzungsintention zu Messzeitpunkt zwei und des Vertrauens zu Messzeitpunkt eins mit einer hinreichenden internen Konsistenz.

Tabelle 16  
Übersicht über die verwendeten Skalen in Studie 4 (IK)

Skala	<i>N</i>	Anzahl der Items	<i>M</i> ( <i>SD</i> )	Cronbachs $\alpha$
T1 Nutzen	28	3	4.23 (.78)	.925
T1 Aufwand*	28	3	3.92 (.65)	.787
T1 Sozialer Einfluss	28	2	3.57 (1.00)	.814
T1 Begleitumstände	27	2	3.78 (.87)	-
T1 Vertrauen	26	2	3.87 (1.12)	.543
T1 Nutzungsintention	28	3	3.90 (.81)	.757
T1 Einstellung	28	3	1.76 (.82)	.946
T1 Reaktanz	28	4	2.28 (.74)	.862
T2 Nutzen	30	3	4.13 (.67)	.705
T2 Aufwand*	30	3	4.11 (.60)	.813
T2 Sozialer Einfluss	30	2	3.70 (.91)	.775
T2 Begleitumstände	30	2	4.17 (.65)	-
T2 Vertrauen	30	2	3.90 (.59)	.853
T2 Nutzungsintention	30	3	4.36 (.63)	.688
T2 Einstellung	30	3	1.61 (.68)	.912
T2 Reaktanz	30	4	2.03 (.75)	.814

Anmerkung. Der Range der Skalen liegt bei 1-5. *N* = 30.

\* Die Items für die Skala Aufwand sind negativ gepolt, sodass hohe Skalenwerte eine geringe Aufwandseinschätzung widerspiegeln.

### 3.4.4 Ergebnisse.

#### 3.4.4.1 Unterscheidet sich die Akzeptanz vor und nach der Nutzung von kooperativen Unterstützungssystemen?

H17: Die Akzeptanz verändert sich durch die Nutzung von Mensch-Roboter-Kooperationen positiv.

Zur Überprüfung der Annahme wurden Personen vor ( $n = 25$ ) und nach ( $n = 10$ ) der Roboternutzung in einer ANCOVA mit einem Zwischensubjektdesign miteinander verglichen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 13 veranschaulicht. In dieser ANCOVA (Normalverteilung der Variablen innerhalb der Subgruppen war nur teilweise gegeben; alle weiteren Voraussetzungen konnten als erfüllt angesehen werden; siehe Anhang C) wurden Personen vor der Roboternutzung mit Personen nach der Roboternutzung unter Kontrolle für die Erfahrung am Fließband miteinander verglichen. Personen vor der Roboternutzung ( $M = 3.89$ ;  $SD = .61$ ) unterschieden sich von denen nach der Roboternutzung ( $M = 4.67$ ;  $SD = .42$ ) im erwarteten Aufwand ( $F(1,32) = 8.953$ ;  $p = .005$ ;  $\eta^2 = .961$ ) signifikant voneinander. Personen vor der

Roboternutzung ( $M = 3.78$ ;  $SD = .88$ ) unterschieden sich von denen nach der Roboternutzung ( $M = 4.60$ ;  $SD = .52$ ) in den eingeschätzten Begleitumständen ( $F(1,32) = 4.229$ ;  $p = .048$ ;  $\eta^2 = .920$ ) signifikant voneinander. Personen vor der Roboternutzung ( $M = 3.86$ ;  $SD = 1.14$ ) unterschieden sich ebenfalls von denen nach der Roboternutzung ( $M = 4.80$ ;  $SD = .42$ ) im Vertrauen ( $F(1,32) = 4.272$ ;  $p = .047$ ;  $\eta^2 = .118$ ) signifikant voneinander.

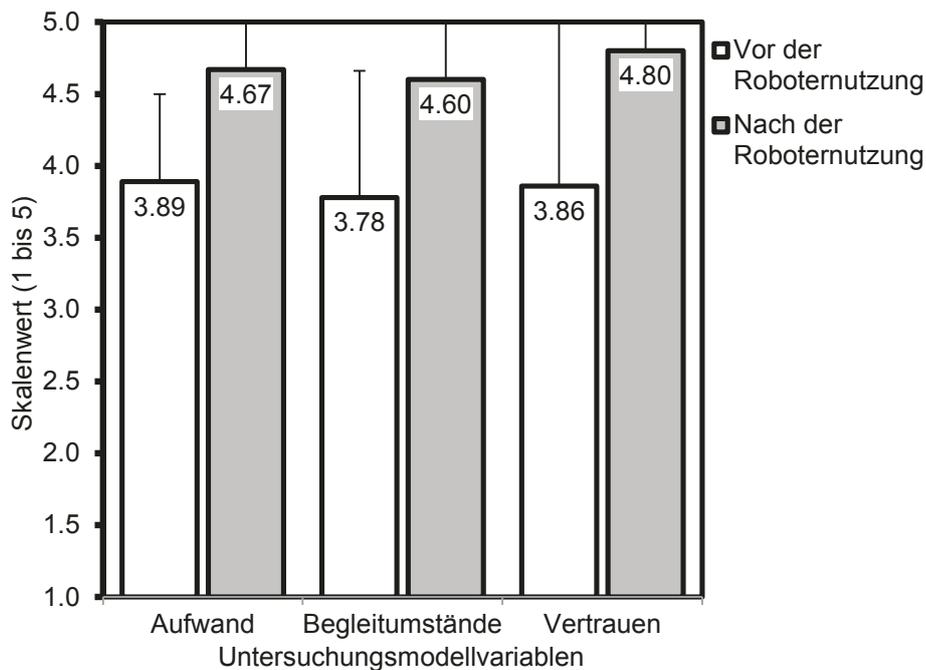


Abbildung 13. Vergleich der Technik vor und nach der Anwendung.

Die Anwendung der Technik produzierte signifikant positivere Einschätzungen des erwarteten Aufwands im Umgang mit dem Roboter (hohe Werte standen für einen geringen Aufwand) sowie in den Begleitumständen und im Vertrauen. Personen nach der Anwendung des Roboters schätzten ihn in diesen drei Faktoren besser ein als Personen vor der Anwendung. Dies zeigte die Unterschiedlichkeit der Akzeptanz vor und nach der Roboternutzung. Die Hypothese 17 wurde bestätigt.

#### 3.4.4.2 Modellerweiterung: *Hat die Akzeptanz einen Einfluss auf die Arbeitsqualität?*

H18: Hohe Akzeptanzwerte gehen mit geringen Fehlern bei der Arbeitsausführung einher.

Um diese Hypothese zu prüfen, wurde eine multiple hierarchische Regression mit der abhängigen Variable Fehler gerechnet. In Schritt eins (Methode: enter) wurde die

Kontrollvariable aufgenommen. In Schritt zwei (Methode: enter) wurden die direkten Einflussvariablen laut Untersuchungsmodell (Begleitumstände, Nutzungsintention) aufgenommen. In Schritt drei (Methode: enter) wurden die Moderatoren (Alter, Erfahrung) und in Schritt vier (Methode: enter) deren Interaktionen laut Modell hinzugefügt. Das Gesamtmodell dieser Analyse ist in Tabelle 17 dargestellt (Voraussetzungen konnten bis auf VIF für Begleitumstände und den Konditionsindex für Erfahrung als erfüllt angesehen werden; siehe Anhang C).

Die eingeschätzten Begleitumstände hatten einen signifikanten Einfluss auf die Fehler ( $\beta = 2.325$ ;  $p = .019$ ), ebenso wie die Erfahrung ( $\beta = -.442$ ;  $p = .042$ ). Es zeigten sich überdies signifikante Interaktionen zwischen Begleitumständen und Alter ( $\beta = -.683$ ;  $p = .012$ ) sowie zwischen Begleitumständen und Erfahrung ( $\beta = 2.228$ ;  $p = .035$ ). Damit wurde die Hypothese 18 bestätigt.

Tabelle 17

*Regressionsanalyse der Fehler auf Nutzungsintention und Begleitumstände*

Block		<i>b</i>	<i>SE b</i>	$\beta$	<i>p</i>
1	Konstante	.600	1.862		.750
	Art der Intervention	.111	.286	.073	.700
2	Konstante	-.474	2.057		.820
	Art der Intervention	.276	.315	.182	.389
	Begleitumstände	.285	.161	.373	.089
	Nutzungsintention	-.251	.178	-.332	.171
3	Konstante	-1.031	2.486		.682
	Art der Intervention	.259	.342	.171	.456
	Begleitumstände	.329	.163	.430	.054
	Nutzungsintention	-.249	.189	-.329	.202
	Alter	-.065	.117	-.125	.586
4	Erfahrung	-2.543	2.400	-.221	.300
	Konstante	-1.039	2.276		.653
	Art der Intervention	.171	.314	.113	.590
	Begleitumstände	1.777	.701	2.325	.019*
	Nutzungsintention	-.242	.171	-.321	.169
	Alter	.056	.115	.108	.631
	Erfahrung	-5.091	2.359	-.442	.042*
Begleitumstände x Alter	-.305	.112	-.683	.012*	
Begleitumstände x Erfahrung	5.916	2.640	2.228	.035*	

*Anmerkung.* Die Modellvariablen wurden z-standardisiert.  $R^2 = .005$  für Block 1 [Methode: enter] ( $p = .700$ );  $\Delta R^2 = .119$  für Block 2 [Methode: enter] ( $p = .192$ );  $\Delta R^2 = .083$  für Block 3 [Methode: enter] ( $p = .304$ );  $\Delta R^2 = .206$  für Block 4 [Methode: enter] ( $p = .037^*$ ).  $N = 30$ .

\* $p < .05$ ; \*\* $p < .001$ .

### ***3.4.4.3 Modellanwendung auf praktische Fragestellung: Ist ein auf der UTAUT fußendes Informationskonzept für kooperative Roboter wirksam?***

H19: Durch ein Informationskonzept erhöht sich die Akzeptanz.

Um diese Annahme zu prüfen, wurde für die Informationskonzeptstichprobe zuerst untersucht, ob sich die Ausprägung in den Variablen des Untersuchungsmodells vor und nach dem Informationskonzept veränderte. Dafür wurde eine MANCOVA mit Messwiederholung für die Experimentalgruppe gerechnet (alle Voraussetzungen konnten als erfüllt angesehen werden; siehe Anhang C). Kontrolliert wurde für die Erfahrung. Als abhängige Variablen wurden die Untersuchungsmodellvariablen vor der Präsentation des Informationskonzeptes deren Ausprägung nach der Präsentation des Informationskonzeptes zwischen Messzeitpunkt eins und Messzeitpunkt zwei gegenübergestellt.

In dieser MANCOVA mit Messwiederholung war der Innersubjekteffekt für die Interaktion zwischen den Untersuchungsmodellvariablen und dem Messzeitpunkt signifikant [ $F(4,48) = 3.699$ ;  $p = .011$ ;  $\eta^2 = .236$ ]. Kontrollgruppe und Messzeitpunkt eins der Experimentalgruppe unterschieden sich in multivariaten Tests (alle Voraussetzungen konnten als erfüllt angesehen werden; siehe Anhang C) nicht signifikant;  $F(5,30) = .732$ ;  $p = .605$  ( $V = .109$ );  $\eta^2 = .109$ . Durch die mehrfache Verwendung der Stichprobe, wurde eine Alphafehleradjustierung erforderlich. Nach der Bonferronikorrektur wurde das Signifikanzniveau auf  $p = .025$  abgesenkt.

Die MANCOVA für Messwiederholungen zeigte eine signifikante Interaktion zwischen den Untersuchungsmodellvariablen und dem Messzeitpunkt (Abbildung 14). Über die Zeit veränderten sich die Variablen des Untersuchungsmodells im Mittel positiv.

## STUDIEN

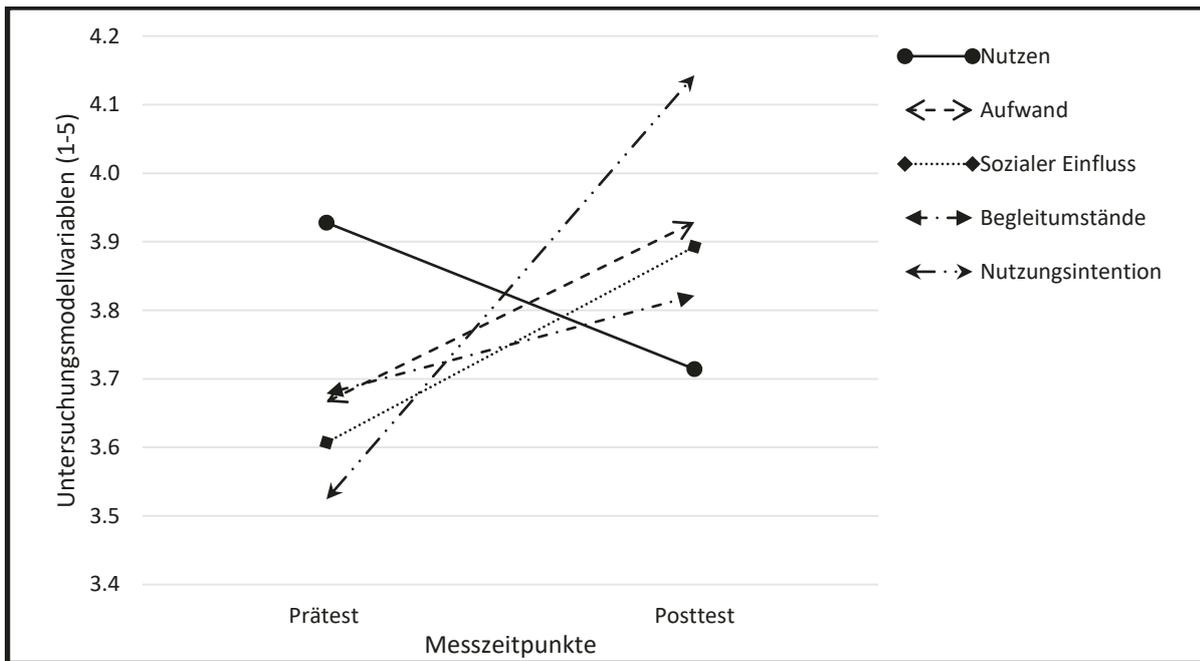


Abbildung 14. Entwicklung der Variablen des Untersuchungsmodells über die Zeit.

In einem zweiten Schritt wurde der Einfluss des Informationskonzepts separat auf die Nutzungsintention untersucht. In einer ANOVA (alle Voraussetzungen konnten als erfüllt angesehen werden; siehe Anhang C) unterschieden sich Kontroll- ( $M = 3.88$ ;  $SD = .87$ ) und Experimentalgruppe zu Messzeitpunkt eins ( $M = 3.56$ ;  $SD = .77$ ) in der Nutzungsintention nicht signifikant voneinander [ $F(1,39) = 1.470$ ;  $p = .233$ ;  $\eta^2 = .036$ ]. Für die Nutzungsintention von Messzeitpunkt eins ( $M = 3.49$ ;  $SD = .81$ ) zu Messzeitpunkt zwei ( $M = 4.15$ ;  $SD = .73$ ) wurde der Innersubjektteffekt in einer messwiederholten ANOVA (alle Voraussetzungen konnten als erfüllt angesehen werden; siehe Anhang C) signifikant [ $F(1,14) = 5.389$ ;  $p = .036$ ;  $\eta^2 = .278$ ]. Durch die mehrfache Verwendung der Stichprobe, wurde eine Alphafehleradjustierung erforderlich. Nach der Bonferronikorrektur wurde das Signifikanzniveau auf  $p = .025$  abgesenkt.

Die Ausprägung der Nutzungsintention zwischen den beiden Messzeitpunkten der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe ist in Abbildung 15 veranschaulicht. Es zeigte sich, dass die Experimentalgruppe zu Messzeitpunkt zwei signifikant höhere Werte in der Nutzungsintention verglichen mit Messzeitpunkt eins aufwies. Kontrollgruppe und Messzeitpunkt eins unterschieden sich hingegen nicht signifikant in der Ausprägung der Nutzungsintention voneinander. Durch die Alphafehleradjustierung war dieser Effekt allerdings nur noch marginal signifikant. Die Hypothese 19 wurde durch die signifikante Interaktion der UTAUT-Variablen über die Zeit dennoch bestätigt.

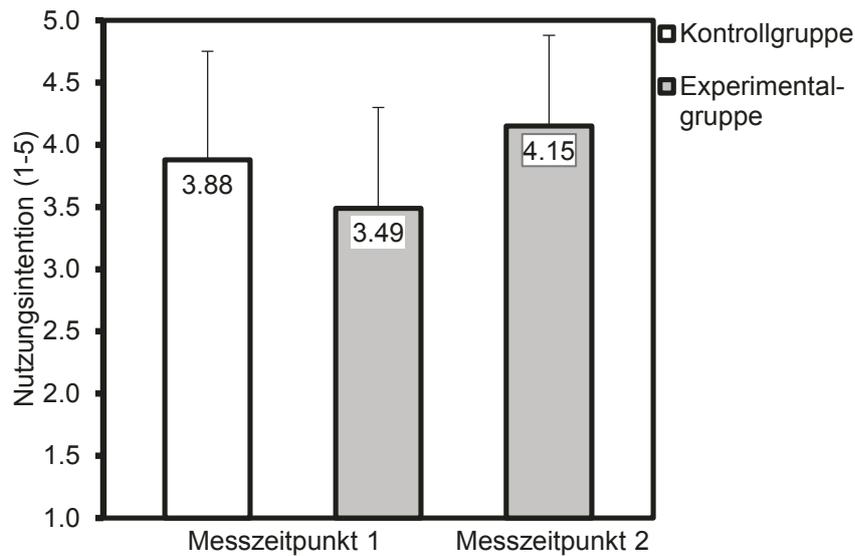


Abbildung 15. Vergleich der Interventionsgruppe (Messzeitpunkte 1 und 2) zur Kontrollgruppe in der Nutzungsintention kooperativer Roboter.

#### ***3.4.4.4 Verallgemeinerung: Lassen sich die Ergebnisse auf andere Mensch-Technik-Kooperationen im Produktionsprozess übertragen?***

H20: Das Informationskonzept lässt sich durch die Verallgemeinerbarkeit der zugrunde liegenden UTAUT auch auf andere Technik übertragen.

Zur Überprüfung der Konzeptwirksamkeit für kognitive Unterstützungssysteme (Smartwatch / Smartglasses) wurde ein Präpost-Vergleich mit Kontrollgruppe durchgeführt. Dies geschah ebenfalls an der Stichprobe der Studie 4 (IK).

Dafür wurde eine MANCOVA mit Messwiederholung (Box-Test war signifikant:  $F(55,2183) = 151.141$ ;  $p = .005$ , weswegen Hotellings  $T^2$  als robuste Teststatistik gewählt wurde; Normalverteilung der Variablen innerhalb der Subgruppen war teilweise nicht gegeben; alle anderen Voraussetzungen konnten als erfüllt angesehen werden; siehe Anhang C) gerechnet. Als abhängige Variablen wurden die Untersuchungsmodellvariablen vor der Präsentation des Informationskonzeptes deren Ausprägung nach der Präsentation des Informationskonzeptes zwischen Messzeitpunkt eins und Messzeitpunkt zwei unter Kontrolle der Erfahrung gegenübergestellt sowie die Kontrollgruppe zu beiden Messzeitpunkten berücksichtigt.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 16 veranschaulicht. In dieser MANCOVA mit Messwiederholung waren die Innersubjekteffekte der Interaktion zwischen Messzeitpunkt und Intervention [ $F(1,25) = 5.866$ ;  $p = .023$  ( $T^2 = .235$ );  $\eta^2 = .190$ ] sowie der UTAUT-Variablen [ $F(4,100) = 3.497$ ;  $p = .010$  ( $T^2 = .250$ );  $\eta^2 = .123$ ] signifikant. Durch die mehrfache Verwendung der Stichprobe, wurde eine Alphafehleradjustierung erforderlich. Nach der Bonferronikorrektur wurde das Signifikanzniveau auf  $p = .025$  abgesenkt.

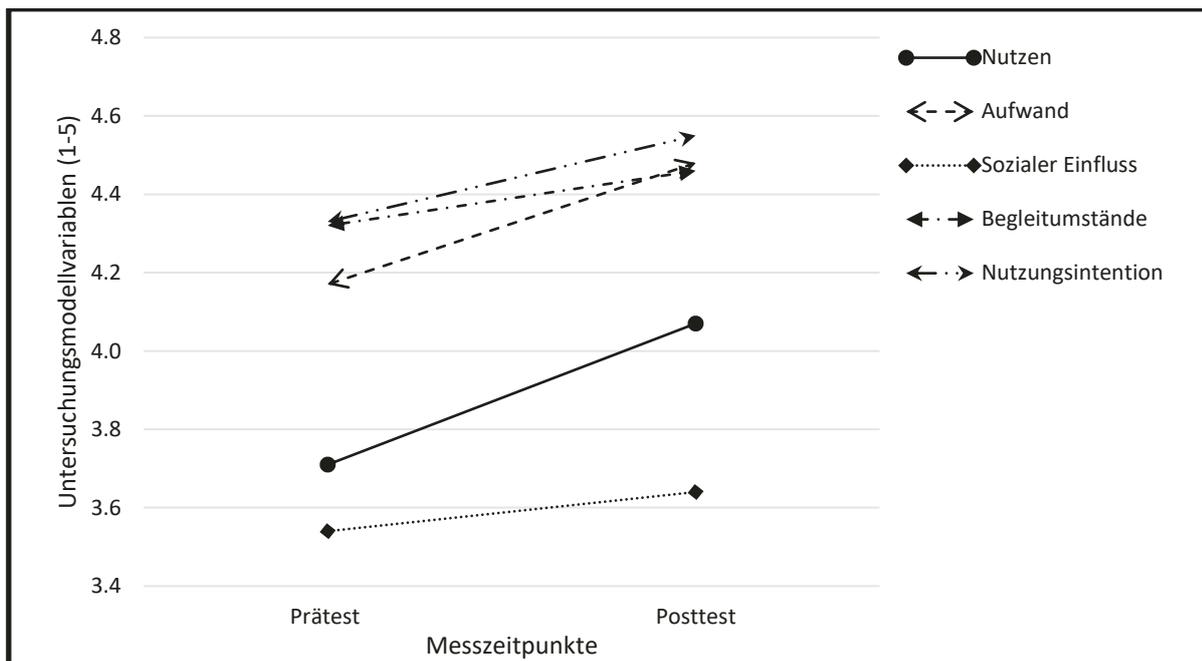


Abbildung 16. Untersuchungsmodellvariablen bei kognitiven Unterstützungssystemen.

In einem zweiten Schritt wurde der Einfluss des Informationskonzepts separat auf die Nutzungsintention getestet. In einer ANOVA (alle Voraussetzungen konnten als erfüllt angesehen werden; siehe Anhang C) unterschieden sich Kontroll- ( $M = 3.79$ ;  $SD = .78$ ) und Experimentalgruppe zu Messzeitpunkt eins ( $M = 4.33$ ;  $SD = .65$ ) in der Nutzungsintention nicht signifikant voneinander [ $F(1,27) = 4.100$ ;  $p = .053$ ;  $\eta^2 = .132$ ]. Zusätzlich sollte sich die Nutzungsintention von Messzeitpunkt eins ( $M = 4.33$ ;  $SD = .65$ ) zu Messzeitpunkt zwei ( $M = 4.58$ ;  $SD = .61$ ) positiv verändern. Da die Normalverteilung der Nutzungsintention zum Messzeitpunkt zwei nicht gegeben war, wurde der nicht-parametrische „Wilcoxon signed-rank-Test“ (einseitig bei gerichteter Hypothese) ( $z = -1.694$ ;  $p = .045$ ) durchgeführt. Es zeigte sich eine signifikante Verbesserung der Einschätzung zur Nutzungsintention nach der Präsentation des Informationskonzepts. Durch die mehrfache Verwendung der Stichprobe, wurde eine Alphafehleradjustierung erforderlich. Nach der Bonferronikorrektur wurde das

Signifikanzniveau auf  $p = .025$  abgesenkt. Dadurch war der Effekt der Nutzungsintention nur noch marginal signifikant.

Die Ausprägung der Nutzungsintention zwischen den beiden Messzeitpunkten der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe ist in Abbildung 17 veranschaulicht. Es zeigte sich unter Berücksichtigung der Alphafehleradjustierung eine marginal signifikante Verbesserung der Einschätzung zur Nutzungsintention nach der Präsentation des Informationskonzepts. Die Hypothese 20 wurde bestätigt.

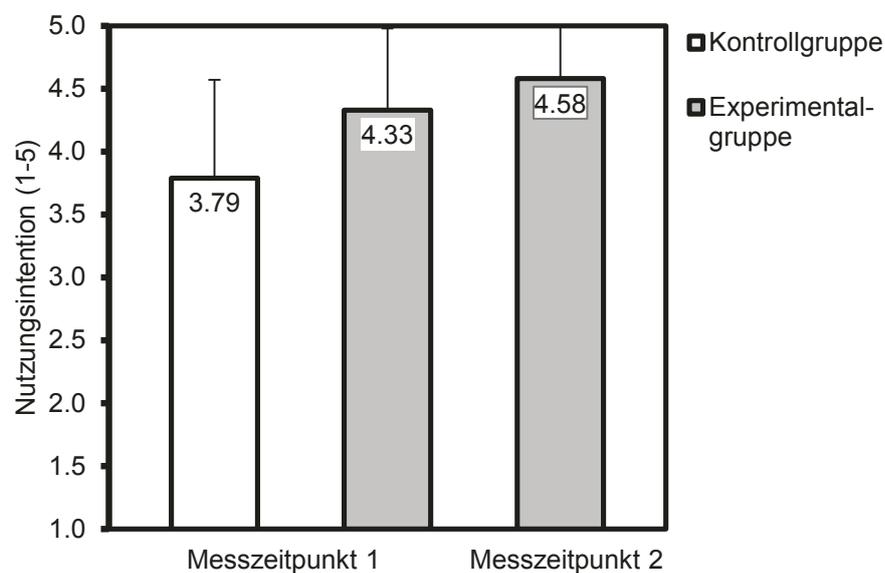


Abbildung 17. Vergleich der Interventionsgruppe (Messzeitpunkte 1 und 2) zur Kontrollgruppe in der Nutzungsintention kognitiver Unterstützungssysteme.

### 3.4.5 Diskussion.

#### 3.4.5.1 Modellanwendung in der Praxis.

In Untersuchungskomplex drei wurde das Untersuchungsmodell praktisch angewendet. Es wurde als Grundlage für die Erarbeitung einer Intervention verwendet. Das aus dem Untersuchungsmodell abgeleitete Informationskonzept dient der Erhöhung der Akzeptanz gegenüber dem kooperativen Roboter im Vorfeld dessen Anwendung.

H17: Die Akzeptanz verändert sich durch die Nutzung von Mensch-Roboter-Kooperationen positiv.

Die Hypothese 17 wurde bestätigt. Erst in der Anwendung des kooperativen Roboters zeigt sich, ob die Einschätzung ihm gegenüber korrekt war oder dieser über- bzw. unterschätzt wurde. Aus diesem Grund wurden im Umgang mit dem kooperativen Roboter Erfahrene mit Unerfahrenen in deren Einschätzung des kooperativen Roboters verglichen.

Die Anwendung der Technik produziert signifikant unterschiedliche Einschätzungen des erwarteten Aufwands im Umgang mit dem Roboter sowie in den Begleitumständen und im Vertrauen. Dies zeigt die Unterschiedlichkeit der Akzeptanz vor und nach der Roboternutzung. Dabei wird die Relevanz der Akzeptanzsteigerung im Vorfeld der Techniknutzung deutlich, da der Roboter, sobald in der Anwendung, signifikant höhere Werte für den erwarteten Aufwand hervorruft (hohe Werte bedeuten einen geringen Aufwand). Dabei bleiben die Werte oberhalb des Skalenmittelwertes. Wird der kooperative Roboter schlussendlich angewendet, verbessert sich die Einstellung ihm gegenüber. Unerfahrene im Umgang mit dem kooperativen Roboter schätzen diesen weniger positiv ein. Dieser Befund bestätigt die Akzeptanzforschung in diesem Fall mit dem Ziel der Einstellungsanpassung im Vorfeld der Anwendung des kooperativen Roboters an die Realität (Kap. 2.2.3). Dieser Befund zeigt, dass Erfahrene eine positivere und realitätsnähere Einschätzung des kooperativen Roboters abgeben können. Die Einschätzung Unerfahrener ist weniger positiv und kann der Realität angepasst werden, indem sie verbessert wird. Unerfahrene zeigen hier eine Form der „underreliance“ (Kap. 2.3.1.4).

Die Ergebnisse aus Untersuchungskomplex zwei zeigen, dass Novizen, die weder Erfahrung mit kooperativen Robotern, noch mit der Situation der Montagearbeit haben, in vielen Fällen geringere Akzeptanzwerte aufweisen als Personen mit Erfahrung. Hier stellt sich die Frage, wie sich die Akzeptanz der Novizen vor der Nutzung kooperativer Roboter erhöhen lässt, damit diese so hoch wie die der Personen mit einem höheren Erfahrungslevel ist.

H18: Hohe Akzeptanzwerte gehen mit geringen Fehlern bei der Arbeitsausführung einher.

Hypothese 18 wurde bestätigt. Der Einfluss der Akzeptanz auf Fehler konnte in einer früheren Untersuchung für die Anwendung eines elektronischen Lernsystems gezeigt werden (Buche et al., 2012).

Hier gelang die Übertragung auf motorische Handlungen im Arbeitskontext. Das negative  $\beta$  der Nutzungsintention auf die Fehleranzahl zeigt, dass die Akzeptanz einen direkten Einfluss auf die Arbeitsausführung hat. Die Erfahrung hat sowohl einen direkten negativen Einfluss auf die Fehleranzahl als auch einen positiven Einfluss in der Interaktion mit den Begleitumständen. Allerdings weisen das hohe  $\beta$  der Begleitumstände sowie das der Interaktion auf Probleme der Skala der Begleitumstände hin.

Die Fehler bei der Handlungsausführung selbst sind ohne die direkte Anwendung des kooperativen Roboters durch die Akzeptanz ihm gegenüber beeinflusst. Die Ergebnisse zeigen, dass die UTAUT, welche aus technikrelevanten Einstellungen Verhaltensmaße ableitet, auch im Setting einer obligatorischen Techniknutzung verhaltensrelevante Maße vorhersagen kann. Die Beziehung zu auftretenden Fehlern bei der Arbeitsausführung abhängig von Variablen aus dem Untersuchungsmodell, zeigt die Dringlichkeit einer einstellungsverbessernden Methode zur Akzeptanzerhöhung. Zumal, wenn wie bei der vorliegenden Untersuchung die Akzeptanz vor der Anwendung geringer ist als die der erfahreneren Anwender (Hypothese 17).

H16: Die Variablen der UTAUT haben einen unterschiedlich starken Einfluss auf die Akzeptanz der Mensch-Roboter-Kooperation.

Die Hypothese 16 wurde bestätigt. Die Akzeptanzvariablen haben sich als manipulierbar erwiesen (Kapitel 2.3.6). Nachdem die Darbietungsform der Informationen einen Einfluss zeigte, trat nun der Informationsgehalt in den Fokus. Eine Expertenrangfolge zeigte als wichtigsten Einflussfaktor des Untersuchungsmodells den erwarteten Nutzen vor dem erwarteten Aufwand gefolgt von den Begleitumstände und dem sozialen Einfluss.

Entsprechend dieser Rangfolge wurde ein Informationskonzept (Anhang F) entwickelt. In dieses Informationskonzept flossen die Erkenntnisse zur Darbietungsform sowie zum Informationsgehalt ein. So enthielt es neben beschreibendem Text zusätzliches Videomaterial. Darüber hinaus wurde der beschreibende Text hinsichtlich der enthaltenen Informationen der Expertenrangfolge zur Wichtigkeit der Untersuchungsmodellvariablen angepasst.

Dabei ist anzumerken, dass die befragten Experten unterschiedliche Aufgabengebiete hatten (Planer, Entwickler, Programmierer etc.). Die evtl. unterschiedlichen Einschätzungen dieser verschiedenen Akteursgruppen um den kooperativen Roboter sind durch die Bildung einer mittleren Rangfolge nivelliert worden. Das aus diesem Ergebnis abgeleitete Informationskonzept ist also an einer gemittelten Experteneinschätzung und nicht direkt an der Zielgruppe der Technikunerfahrenen orientiert.

H19: Durch ein Informationskonzept erhöht sich die Akzeptanz.

Hypothese 19 wurde bestätigt. Das durch Expertenbefragung erarbeitete Informationskonzept besteht aus am Untersuchungsmodell orientierten Textbausteinen sowie einem Video zur Veranschaulichung der Akzeptanz.

Die Variablen des Untersuchungsmodells entwickeln sich zum zweiten Messzeitpunkt bis auf den erwarteten Nutzen positiv. Vor allem die Nutzungsintention als zentrale Einstellungsvariable des Untersuchungsmodells muss in ihrer positiven Entwicklung zwischen den beiden Messzeitpunkten hervorgehoben werden. Der erwartete Nutzen nimmt zum zweiten Messzeitpunkt hingegen ab. Dies ist erklärbar durch die realistischere Einschätzung des Roboters in der vorgesehenen Situation (Situationsspezifität), welche durch die Durchführung der Montageaufgabe erklärbar ist. Im nach der Montageaufgabe dargebotenen Informationskonzept wurde bspw. darauf hingewiesen, dass ein schnelleres Arbeiten mit dem Roboter nicht vorgesehen ist. Diese auf eine nicht gesteigerte Kumulation von Arbeitsinhalten abzielende Aussage, ist scheinbar auf einen geringeren erwarteten Nutzen hin gedeutet worden.

H20: Das Informationskonzept lässt sich durch die Verallgemeinerbarkeit der zugrunde liegenden UTAUT auch auf andere Technik übertragen.

Die Hypothese konnte teilweise bestätigt werden. Die Verallgemeinerung des Informationskonzeptes ist von der erfolgreichen Anwendung bei der Mensch-Roboter-Kooperation mit einer physischen Unterstützung abgeleitet worden. Der UR-10 stellt vor allem eine physische Unterstützung dar (Kap. 2.1.1). Für diese Form der Unterstützung konnte die Wirksamkeit des Informationskonzeptes gezeigt werden. Neben dieser, so die Annahme, ließe sich das Informationskonzept durch den Allgemeinheitsanspruch der zugrunde liegenden UTAUT für neuartige Technik allgemein, auch auf kognitive Unterstützungen übertragen.

Zum einen legt die MACNOVA die Wirksamkeit im Prä-Post-Vergleich durch die signifikante Interaktion zwischen Untersuchungsmodellvariablen und Messzeitpunkt nahe. Zum anderen ist die Nutzungsintention zum zweiten gegenüber dem ersten Messzeitpunkt marginal erhöht.

Der Erfolg des Informationskonzeptes wurde für die physische Unterstützung anhand einer geringen Stichprobengröße ( $n = 15$ ) nachgewiesen. Die Stichprobe zur Überprüfung des Erfolgs des Informationskonzeptes für eine kognitive Unterstützung ( $n = 15$ ) lieferte zwar den signifikanten Nachweis einer Steigerung der Untersuchungsmodellvariablen im Mittel,

allerdings nur einen marginal signifikanten, positiven Effekt auf die Nutzungsintention. Auch wenn der Nachweis der Wirksamkeit des Informationskonzepts für kognitive Unterstützungssysteme erbracht werden konnte, lassen sich anhand der geringen Stichprobe, selbst in dem eng umschriebenen Kontext, keine belastbaren Aussagen über eine Verallgemeinerbarkeit treffen.

#### ***3.4.5.2 Kritische Einschätzung und Ausblick.***

Die Auswirkung der Akzeptanz auf die Arbeitsausführung ist in einer Regression untersucht worden. Zwar weisen die signifikanten Ergebnisse auf den Einfluss der Akzeptanz auf die Arbeitsausführung hin. Das große  $\beta$ -Gewicht der Begleitumstände auf die Arbeitsausführung deutet aber auf Probleme der erhobenen Daten hin, was mit der kleinen Stichprobe erklärbar ist.

Eine Überprüfung der Wirksamkeit des Informationskonzepts war erfolgreich. Für kooperative Roboter steigert das Informationskonzept die Untersuchungsmodellvariablen und vor allem die Nutzungsintention. Allerdings werden durch die Alphafehleradjustierung wegen der doppelten Testung der Stichprobe zum Messzeitpunkt eins die Effekte der Nutzungsintention nicht mehr signifikant; die der multivariaten Tests bleiben hingegen signifikant. Für kognitive Unterstützungssysteme konnte das Informationskonzept nur teilweise in seiner Wirksamkeit belegt werden (die Normalverteilungsvoraussetzung ist nicht für jede Subgruppe erfüllt). Die systematische Testung für verschieden klassifizierbare Formen neuartiger Technik ist nicht erfolgt.

In Studie 3 (FL) wurde zudem der Einfluss der Anwendungssituation nachgewiesen. Die Anwendbarkeit des Informationskonzepts für verschiedene Anwendungssituationen konnte hingegen in der vorliegenden Studie nicht getestet werden.



## 4 Gesamtdiskussion

### 4.1 Zusammenfassung zentraler Ergebnisse

Die Untersuchungen wurden sowohl an einer Hochschule, als auch im industriellen Umfeld (Werk der Automobilproduktion) durchgeführt. Es sind neben Experimenten auch quasi-experimentelle Settings mithilfe unterschiedlicher Methoden (Selbstbeurteilung, Interview, objektive Leistungsdaten) untersucht worden, um durch die Methodenvielfalt fundierte Aussagen zur Mensch-Roboter-Interaktion treffen zu können (Bethel & Murphy, 2010). Tabelle 18 gibt einen Überblick darüber, welche Stichprobe in welcher Studie untersucht wurde.

In Studie 1 (MB) zur Modellbildung wurden Laien mit einer realitätsnahen Situation konfrontiert und nach ihren Einschätzungen des kooperativen Roboters UR-10 befragt, um die Übertragbarkeit des Untersuchungsmodells auf Industrieroboter zu testen. Dabei konnten sowohl einige Modellbeziehungen des Ausgangsmodells der UTAUT (Venkatesh et al., 2003) bestätigt sowie eine Erweiterung um die Variable Vertrauen zur erhöhten Varianzaufklärung der Nutzungsintention nachgewiesen werden. Zusätzlich fand ein Experiment zur Wirkung der Darbietungsform von Informationen über den kooperativen Roboter statt. Einerseits wurde die Formulierung einer Vignette getestet. Mitarbeiter- und aufgabenorientierte Formulierungen unterscheiden sich nicht hinsichtlich der Variablen des Untersuchungsmodells. Andererseits wurde einer Gruppe zusätzlich zur Vignette ein Video zur Funktionsweise des kooperativen Roboters präsentiert, welches allerdings keine zusätzlichen Informationen bereitstellte. Das zusätzliche Video beeinflusst die wahrgenommenen Begleitumstände positiv. Somit konnte die Beeinflussung der Akzeptanzvariablen durch die Darbietungsform gezeigt werden.

Tabelle 18  
Übersicht über die Stichproben

Hypothesenkomplex	Hypothese	Stichprobe (N)	In Analysen verwendete Gruppen (n)	Bemerkung
1	Modelltestung	MB (89)		
	Modell- erweiterung (Affekte und Persönlichkeit) Modell- übertragung	MB (89)		
		MB (89)		
		MÜ (128)		
2	Erfahrungsgrad	MB (89)	Erfahrung Fließband: nein & Roboter nein (144) Erfahrung Fließband: ja & Roboter: nein (39) Erfahrung Fließband: nein & Roboter: ja (10) Erfahrung Fließband: ja & Roboter: ja (26)	Stichprobe unterteilt nach Erfahrungsgrad
		MÜ (128)		
		FL (13)		
	Vor und nach der Nutzung Modell-erweiterung (Fehler)	IK (30) FL (13) IK (30)		Messzeitpunkt 1 Messzeitpunkt 1
3	Darbietungsform	MB (89)	Vignette aufgaben- (32) vs. aufgaben- und mitarbeiterorientiert (49) Vignette (33) vs. Vignette & Video (48) Vignette (57) vs. Video (45) vs. Interaktion (26)	
		MB (89)		
		MÜ (128)		
	Art der Information Modell-anwendung	EI (9)		
		IK (30) MÜ (128)	Informationskonzept Roboter (15) Subgruppe der Roboterinteraktion (26)	Messzeitpunkt 1 und 2
	Verallgemeinerung	IK (30) MÜ (128)	Informationskonzept Wearable Device (15) Subgruppe der Roboterinteraktion (26)	

Anmerkung. MB = Modellbildung (Studie 1), MÜ = Modellübertragung (Studie 2), FL = Fließband (Studie 3), EI = Experteninterview (Pilotstudie zu Studie 4), IK = Informationskonzept (Studie 4).

In einer zweiten Studie (MÜ) zur Modellübertragung wurden Teilnehmende eines Trainings zur Fließbandmontage bezüglich des UR-10 befragt, um die Übertragbarkeit des Untersuchungsmodells in die Praxis zu testen. Daher fand die Studie in der Anwendungssituation statt. Die Studie (MÜ) wurde als Experiment angelegt, welches verschiedene Darbietungsformen (Vignette, Video und Interaktion) in ihrer Wirkung auf die Akzeptanz des kooperativen Roboters testen sollte. Es stellte sich heraus, dass die Darbietungsform Video der Interaktion im wahrgenommenen Nutzen signifikant überlegen ist. In der Analyse der Untersuchungsmodellbeziehungen zeigte sich darüber hinaus, dass diese sich anders als in der Laienstichprobe der Studie 1 (MB) darstellten. In Studie 2 (MÜ) hatten der erwartete Aufwand sowie der soziale Einfluss einen signifikanten Einfluss auf die Nutzungsintention. Die Modellerweiterung durch das Vertrauen zeigte sich hingegen analog zu Studie 1 (MB) als signifikant. Aufbauend auf den Ergebnissen der Studien 1 (MB) und 2 (MÜ) sollte untersucht werden, inwieweit der Einfluss der Erfahrung in der Anwendungssituation sowie im Umgang mit dem kooperativen Roboter die Akzeptanz beeinflussen. Dafür wurden in einer dritten Studie (FL) zusätzlich (auch mit kooperativen Robotern) erfahrene Fließbandarbeitende befragt. Die Erfahrung beeinflusst die Untersuchungsmodellvariablen Aufwand (Robotererfahrung), sozialer Einfluss (Roboter- und Fließbänderfahrung) und Begleitumstände (Interaktion von Roboter- und Fließbänderfahrung) positiv. Eine Unterteilung der Stichprobe in vier Gruppen (viel bzw. wenig Robotererfahrung, viel bzw. wenig Fließbänderfahrung) verdeutlicht die Unterschiede der Erfahrungsdimensionen vor allem im wahrgenommenen Nutzen und sozialen Einfluss.

In Studie 4 (IK) wurde die praktische Relevanz der vorangegangenen Studien überprüft. Sie wurde erneut mit Teilnehmenden eines Trainings durchgeführt, um eine aus den Ergebnissen der vorangegangenen Studien abgeleitete Intervention zur Akzeptanzsteigerung zu testen. In einem experimentellen Design wurden Mitarbeitende hinsichtlich ihrer Einstellung zum kooperativen Roboter befragt. Danach wurden sie bei der Arbeitsausführung beobachtet. Es konnte eine direkt negative Beziehung der Nutzungsintention sowie eine positive Beziehung der Begleitumstände (mit den Moderatoren Alter und Erfahrung) auf die Arbeitsausführung operationalisiert über die Anzahl an Fehlern nachgewiesen werden. Die Erweiterung des Untersuchungsmodells um die Arbeitsausführung konnte bestätigt werden. Demnach beeinflusst die Akzeptanz gegenüber dem kooperativen Roboter die Arbeitsausführung im Vorfeld der Technikanwendung.

Neben der Erweiterung des Modells um die Art der Arbeitsausführung sollte auch die in den Studien 1 (MB) und 2 (MB) nachgewiesene Beeinflussbarkeit der Akzeptanz in einer für

die industrielle Anwendungssituation praktikablen Art und Weise gezeigt werden. So wurden die Erkenntnisse aus Studie 1 (MB) und 2 (MÜ) zur Darbietungsform herangezogen. Darauf aufbauend ergab eine Pilotstudie eine Gewichtung der für die Akzeptanz relevanten Untersuchungsmodellvariablen. Daraus wurde ein Informationskonzept abgeleitet, welches die Akzeptanz im Vorfeld der Technikanwendung erhöhen sollte. Vor und nach der Darbietung des Informationskonzepts wurden Mitarbeitende hinsichtlich der Akzeptanz des kooperativen Roboters befragt. Die Modellvariablen verändern sich von der Prä- zur Posttestung hin positiv. Betrachtet man die Nutzungsintention separat, so zeigt sich diese in der Posttestung signifikant erhöht gegenüber der Prämessung. Kontrollgruppe und Prätestung unterschieden sich hingegen nicht in der Nutzungsintention des kooperativen Roboters. Dieser Befund wird allerdings unter Berücksichtigung der Alphafehleradjustierung nur noch marginal signifikant.

In Studie 4 (IK) sollte zudem die Verallgemeinerung des erarbeiteten Informationskonzepts von der physischen Unterstützung durch den kooperativen Roboter auch auf kognitive Unterstützungssysteme untersucht werden. In einem Prä-Postvergleich mit Kontrollgruppe zeigte sich die Wirksamkeit des Informationskonzepts für kognitive Unterstützungssysteme. Während sich die Nutzungsintention von Prä- zu Postmessung nach Alphafehleradjustierung nur noch marginal signifikant erhöht. Eine Übertragbarkeit des Informationskonzepts auf verschiedene Formen neuartiger Technik kann anhand der kleinen Stichprobe aber nicht zuverlässig vorgenommen werden. Allerdings ist denkbar, da es sich bei den Untersuchten um unterschiedliche Technikformen hinsichtlich der gewährten Unterstützung (physisch und kognitiv) nach der Klassifikation von Parasuraman und Kollegen (2000) handelte, dass das Informationskonzept dennoch auf sich stärker ähnelnde Formen neuartiger Technik übertragen werden kann.

Über die vier Studien hinweg sind drei Untersuchungskomplexe untersucht worden. Im ersten Untersuchungskomplex sollte ein etabliertes Modell der Technikakzeptanz zum einen auf kooperative Industrieroboter und zum anderen auf die Automobilmontage übertragen werden. Zusätzlich sollte das Modell erweitert und gegebenenfalls an die Anwendungssituation angepasst werden. Die Modellübertragung gelang zum Teil. Es ließen sich Modellbeziehungen bestätigen. Die Modellerweiterung gelang ebenfalls zum Teil. Mit den vorgeschlagenen Modellerweiterungen erreicht das Untersuchungsmodell eine höhere Varianzaufklärung. Der Anwendungssituation mit dem geringen Frauenanteil geschuldet wurde für den im Untersuchungsmodell postulierten Moderator Geschlecht auch die Geschlechtsrolle als

Moderator untersucht. Die Geschlechtsrolle zeigt sich dann auch in der Anwendungssituation als Moderator, wohingegen das Geschlecht keine moderierende Beziehung mehr zeigt.

Der zweite Untersuchungskomplex widmete sich dem Unterschied der Modellbeziehungen zwischen den unterschiedlichen Studien. Als Ursache wurde der Grad an Erfahrung mit dem kooperativen Roboter und der Anwendungssituation angenommen und untersucht. Beides auch im Zusammenwirken beeinflusst die Akzeptanz. Zudem wurden die Veränderung der Akzeptanz durch die Technikanwendung und auch die Beeinflussung der Arbeitsqualität durch die Akzeptanz gezeigt.

Im dritten Untersuchungskomplex sollten die Anwendung des Untersuchungsmodells sowie dessen Verallgemeinerung untersucht werden. Es ließ sich die Beeinflussung der Akzeptanz durch die Darbietungsform zeigen. Ein Informationskonzept, das die Erhöhung der Akzeptanz zum Ziel hat, wurde aus den Ergebnissen der eigenen Untersuchungen entwickelt. Dieses baute auf den Ergebnissen zur Beeinflussbarkeit des Untersuchungsmodells auf. Das Informationskonzept konnte die Akzeptanz gegenüber dem kooperativen Roboter im Vorfeld dessen Anwendung erhöhen. Die praktische Anwendbarkeit der Ergebnisse zur Akzeptanz konnte so gezeigt werden. Abschließend wurde die Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse untersucht. So konnte nachgewiesen werden, dass die Erhöhung der Akzeptanz nicht nur für einen physische Unterstützung bietenden kooperativen Roboter, sondern auch für kognitive Unterstützungssysteme möglich ist. Eine Verallgemeinerbarkeit der gefundenen Ergebnisse über den Anwendungsfall des kooperativen Roboters hinaus wird mit diesen Ergebnissen nahe gelegt.

Mit der vorliegenden Arbeit ist die Technikakzeptanz gegenüber kooperativen Robotern untersucht worden. Es gelang das Untersuchungsmodell auf diese Geräteklasse im Kontext obligatorischer Technikanwendung anzuwenden und eine akzeptanzsteigernde Intervention abzuleiten.

#### **4.2 Einordnung in das Fachgebiet**

Im Rahmen der Arbeitspsychologie fand hier eine spezielle Form der Einstellungsforschung statt. Die Nutzung eines theoretischen Modells für die angewandte Forschung und damit verbundene Möglichkeit der Übertragung wissenschaftlicher Theorie in praktische Anwendung konnte realisiert werden.

Weil verschiedene Definitionen für die Akzeptanz von Technik existieren, ist sie in der vorliegenden Arbeit umfänglich als Einstellungsmaß mit Bezug zum Verhalten betrachtet worden. Nicht nur das Verhaltensmaß der Techniknutzung, sondern vor allem die

beeinflussenden Einstellungsvariablen wurden betrachtet. Damit unterscheidet sich die hier verwendete Definition deutlich von anderen (z. B. Lucke, 1995, S. 104; Tacke, 2005, S. 1f; Van der Laan, 1998; siehe Kap. 2.2). In der vorliegenden Arbeit ist die Einstellung gegenüber dem kooperativen Roboter in verschiedenen Dimensionen und deren Beziehungen untereinander bis hin zum Verhalten als Akzeptanz verstanden und untersucht worden.

Die explizite Forschung zur Technikakzeptanz begann mit dem TAM (Davis, 1989) als erstem Modell zur Erklärung der Technikakzeptanz. Allerdings hat sie bedingt durch ihre Sparsamkeit Neu- und Weiterentwicklungen angeregt, von denen einige in der Arbeit diskutiert (Kap. 2.3) und andere hier beispielhaft genannt werden. Taylor und Todd (1995a) verbanden das TAM mit der „theory of planned behavior“ (Ajzen, 1985; Ajzen, 1991) (TAM-TPB). Venkatesh und Davis (2000) entwickelten das TAM 2. Venkatesh und Kollegen (2003) veröffentlichten die UTAUT, Lin und Anol (2008) die TRAM und Kulviwat und Kollegen (2007) entwickelten die CAT („consumer acceptance of technology“). Die Vielzahl an Modellen zur Erklärung der Technikakzeptanz und die ständige Weiterentwicklung bestehender Theorien zeigen, dass die Forschung auf diesem Gebiet nicht abgeschlossen ist und in unserer fortschreitend technisierten Welt mit vielen Neuentwicklungen weitere Untersuchungen angestrengt werden müssen.

Die parallel zur UTAUT vorgestellten Modelle zur Technikakzeptanz (Kap. 2.3.3) unterliegen einem ständigen Prozess der Weiterentwicklung und Anpassung. Jedes dieser Modelle wurde in verschiedenen Situationen bzw. für verschiedene Populationen angepasst. Ebenso ist das hier verwendete und auf der UTAUT fußende Untersuchungsmodell an die Anwendungssituation angepasst worden. Diese stellte sich mit einem erwarteten hohen Männeranteil von ca. 90 % und obligatorischer Technikanwendung in der Fließbandmontage als besonders dar. Die Hinzunahme der Variablen Vertrauen und Geschlechtsrolle zur Erklärung der Technikakzeptanz im Anwendungsfall kooperativer Roboter in der industriellen Automobilproduktion stehen in dieser Tradition der Anpassung und ständigen Weiterentwicklung der Technikakzeptanzmodelle.

Durch die Verwendung der UTAUT, eines Modells mit Allgemeinheitsanspruch für die Erklärung der Akzeptanz gegenüber neuartiger Technik (Venkatesh et al., 2003), war es für die Parallelität der Messungen möglich, auf einen speziellen kooperativen Roboter in einer Anwendungssituation zu fokussieren. Andere kooperative Roboter mit anderen technischen und gestalterischen Merkmalen sind nicht untersucht worden. Die Gestaltung war explizit nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit, da die Akzeptanz im Vorfeld der Technikanwendung thematisiert wurde. Neben der Gestaltung des kooperativen Roboters ist auch die Gestaltung

der Interaktion zwischen Mensch und Roboter nicht thematisiert worden, da die Akzeptanz im Vorfeld der Technikanwendung, unabhängig von der tatsächlichen Umsetzung und Ausgestaltung der Interaktion untersucht werden sollte, um die Einflüsse dieser Umsetzung auf die Akzeptanz als Einstellungsmaß im Vorfeld der Anwendung zu minimieren. Durch den Allgemeinheitsanspruch des zugrunde liegenden Modells wird eine Übertragbarkeit auf andere Formen kooperativer Roboter und Mensch-Roboter-Interaktion nahe gelegt, zumal die Wirksamkeit einer aus diesem Modell abgeleiteten Intervention zur Akzeptanzsteigerung auch für Geräte anderer Ausgestaltung der Technik und Interaktion (kognitive Unterstützungssysteme wie Smartglasses und Smartwatch) gezeigt werden konnte.

#### **4.3 Kritische Einschätzung**

In der vorliegenden Arbeit wurden subjektive Einschätzungen und deren Auswirkungen auf das Verhalten untersucht und für kooperative Roboter in der Industrie nachgewiesen. Dass Einstellungen und Verhalten nicht übereinstimmen müssen (LaPiere, 1934), ist hinlänglich bekannt. Dieser Kritikpunkt ist auch bei Akzeptanztheorien anzubringen, die eine Verbindung zwischen Einstellungen und Verhalten herstellen (Kap. 2.2.3). Allerdings belegt eine Metaanalyse, dass das Nutzungsverhalten aus der Einstellung zu Technik vorhergesagt werden kann, auch wenn diese Beziehung als schwach bezeichnet wird (Taiwo & Downe, 2013). Ebenso konnte in der vorliegenden Arbeit gezeigt werden, dass die Einstellung gegenüber dem kooperativen Roboter im Vorfeld dessen Nutzung einen direkten Einfluss auf das aktuelle Verhalten ausübt.

In der vorliegenden Arbeit fand eine Beschränkung auf einen bestimmten kooperativen Roboter in einem speziellen Anwendungsfall statt. Die Reduktion der Betrachtung auf einen speziellen kooperativen Roboter war dem Umstand der Vergleichbarkeit der einzelnen Studien geschuldet.

Dadurch bedingt sind die Auswirkungen der Gestaltung des kooperativen Roboters auf die Akzeptanz unberücksichtigt geblieben. Auch die Art der Interaktion zwischen Mensch und Roboter ist nicht variiert worden. Die Akzeptanz hängt natürlich auch von der technischen Umsetzung des Roboters ab (Raappana, Rauma, & Melkas, 2007). In einer Metaanalyse zu Einflussfaktoren auf das Vertrauen in Mensch-Roboter-Interaktionen (Hancock, Billings, & Schaefer, 2011) flossen 29 Studien ein. Während vor allem Robotercharakteristika, wie Aussehen und Performanz, das Vertrauen beeinflussen, wurden für den Einfluss von Charakteristika der Anwender nur wenig Evidenz gefunden. Die Robotercharakteristika waren

allerdings nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Unberücksichtigt blieben ebenso weitere Umweltfaktoren, die einen Effekt auf die Akzeptanz haben könnten (Salvini et al., 2010).

Um der Reduktion auf einen speziellen Roboter in einem speziellen Anwendungsfall Rechnung zu tragen, wurde in der vorliegenden Arbeit auf ein theoretisches Modell zur Erklärung der Akzeptanz neuartiger Technik mit Allgemeinheitsanspruch zurückgegriffen, da kein spezifisches Modell für die Anwendungssituation existiert. Die UTAUT lässt sich aber adaptieren und in verschiedenen Anwendungskontexten nutzen, um Akzeptanz zu messen und vorherzusagen (Nasution, 2007; Venkatesh et al., 2003; Venkatesh, et al., 2011). Dabei zeigen sich oft nur eingeschränkt die theoretischen Modellbeziehungen (Taiwo & Downe, 2013). Auch in der vorliegenden Arbeit sind die postulierten Modellbeziehungen nur teilweise bestätigt worden. Dafür konnten Vertrauen und die Geschlechtsrolle für den speziellen Anwendungskontext als zusätzliche Einflussfaktoren ermittelt werden. Es ließe sich ebenso argumentieren, dass die UTAUT nicht anwendbar ist, sondern ein neues Modell für diesen Kontext eine bessere Vorhersage der Akzeptanz treffen könnte, zumal die Varianzaufklärung der signifikanten Modellbeziehungen im betrachteten Fall hinter den in anderen Studien postulierten zurückbleibt (z. B. Bertrand & Bouchard, 2008; Kim et al., 2009; Venkatesh et al., 2003).

Auch wenn sich nicht alle Modellbeziehungen bestätigen ließen, so konnte dennoch auf Grundlage des Untersuchungsmodells ein wirksames Informationskonzept zur Akzeptanzsteigerung erarbeitet werden. Eine Gewichtung der Modellkomponenten fand anhand der Expertenbefragung (Pilotstudie 4: EI) statt. Was nicht untersucht werden konnte, waren der Fit des Gesamtmodells verglichen mit dem des adaptierten Modells sowie die Moderatorbeziehungen im Zusammenhang mit der Wirkung der Intervention. Beides sollte in folgenden Forschungsvorhaben berücksichtigt werden.

Alles in allem ist die Akzeptanz gegenüber neuartiger Technik vor der Anwendung ebendieser Technik eine Momentaufnahme. Die vorliegende Arbeit kann nur Erkenntnisse für einen positiveren Einstieg in die Interaktion mit kooperativen Robotern erbringen. Die Akzeptanz in der Interaktion sowie das daraus resultierende Verhalten werden natürlich durch eine Vielzahl anderer Faktoren beeinflusst. Hier wurde eine Momentaufnahme (Erstkontakt) untersucht. Weitere Effekte darüber hinaus durch die Interaktion sind zu erwarten. Beispielhaft für solche Effekte ist die regelmäßige Nutzung von Smartphones. Nicht nur der Kauf belegt die Akzeptanz, sondern die regelmäßige Nutzung. Gerade dadurch verändern sich die Kommunikation und der Medienkonsum im Alltag nachhaltig.

Der Kritikpunkt, welcher Akzeptanzforschung generell betrifft, ist die Manipulation der Einstellung, um eine Erhöhung der Akzeptanz zu erreichen (Kap. 2.2.3). In der vorliegenden Arbeit wurde diesem Punkt Rechnung getragen. So konnte gezeigt werden, dass die Akzeptanz von mit dem kooperativen Roboter Erfahrenen höher ist als die von Unerfahrenen. Dies wurde vor der Manipulation der Einstellung überprüft. Eine Einstellungsanpassung fand also insofern statt, dass ein negatives Meinungsbild durch Informationen und Situationserfahrung der Realität angepasst wurde.

Eine Verallgemeinerung der Ergebnisse lässt sich nicht uneingeschränkt vornehmen. Zum einen ist das Untersuchungsfeld ein eng umschriebenes. Zum anderen sind die Stichprobengrößen teilweise gering. Das Untersuchungsfeld befasst sich mit Mensch-Roboter-Kooperationen im industriellen Umfeld. Hierfür konnte gezeigt werden, dass das Untersuchungsmodell zutreffende Vorhersagen zur Akzeptanz liefert und angewendet werden kann, um die Akzeptanz im Vorfeld der Techniknutzung zu erhöhen. Allerdings zeigen die stark unterschiedlichen Skalenausprägungen zwischen Laien (Studie 1: MB) und Technikerfahrenen (Studie 2: MÜ), dass die Modellvariablen in ihrer Ausprägung stark populationsspezifisch sind. Die Nutzungsintention unterschied sich zwar nicht zwischen den untersuchten Stichproben, dennoch deutet die unterschiedliche Ausprägung anderer Modellvariablen darauf hin, dass die Modellanwendung separat für spezielle Anwendungskontexte erfolgen sollte.

Für die Modellanalyse mittels Regressionen lässt sich aber festhalten, dass die für eine Verallgemeinerung notwendige Stichprobengröße einerseits von der Anzahl der Prädiktoren und andererseits von der Güte der erfassten Daten abhängt. Nach einer konservativen Regel soll die Stichprobengröße 15-mal der Anzahl der Prädiktoren entsprechen. Eine weniger konservative Regel besagt, dass die Stichprobengröße 50 plus der Anzahl an Prädiktoren entsprechen solle (Bühner & Ziegler, 2017, S. 739). Beide Regeln sind in den durchgeführten Regressionen eingehalten und auch die Voraussetzungen sind erfüllt. Eine Verallgemeinerung der Ergebnisse (im Rahmen der jeweils untersuchten Population) kann demnach vorgenommen werden.

Hier liegt eine der wenigen Arbeiten vor, welche die UTAUT nicht nur für einen speziellen Anwendungskontext adaptieren, sondern das gesamte Modell erfassen (Dwivedi & Lal, 2011). Dennoch ist es aufgrund der Stichprobenzusammensetzung nicht möglich, die UTAUT in ihrer Gesamtheit für den Anwendungskontext zu beurteilen. Die Stichprobenzusammensetzung mit unterschiedlichen untersuchten Populationen und unterschiedlichen durchgeführten Experimenten ist dafür verantwortlich.

Die vorliegende Arbeit kann und will daher nicht den Anspruch der Vollständigkeit ihrer untersuchten Hypothesen erheben. Die Forschungsfragen sind nicht erschöpfend gestellt und können erweitert werden, sodass weitere Untersuchungen durchgeführt werden können, um ein differenzierteres Bild der Akzeptanz von Mensch-Roboter-Kooperationen im industriellen Umfeld zu erhalten.

#### **4.4 Resümee und Ausblick**

Kooperative Roboter sind eine innovative Geräteklasse, zumal für die Automobilproduktion erst verwaltungsrechtliche Gründe wie die Erarbeitung von Sicherheitsvorschriften (Deutsches Institut für Normung, 2012; Deutsches Institut für Normung, 2016) abgebaut wurden. Während kooperative Roboter schon in anderen Bereichen auf deren Akzeptanz untersucht wurden (z. B. untersuchten Heerink und Kollegen (2010) die Akzeptanz soziale-kooperativer Roboter bei älteren Menschen), hält das Anwendungsgebiet der Automobilproduktion Besonderheiten bereit. So ist die Nutzung einer in den Produktionsprozess integrierten Maschine, in diesem Fall des kooperativen Roboters, für die Anwender obligatorisch und eine Interaktion unabhängig von der Akzeptanz zwangsläufig nötig. Den Anwendenden muss im Vorfeld der Nutzung die Angst genommen und Akzeptanz aufgebaut werden. Eine weitere Besonderheit ist der geringe Frauenanteil an der Belegschaft. In der vorliegenden Untersuchung beträgt dieser lediglich 4.2%.

Das Akzeptanzmodell der UTAUT (Venkatesh et al., 2003) wurde in seiner Gesamtheit erfasst und in ein Untersuchungsmodell integriert. Einige Modellbeziehungen konnten für den Anwendungsfall der obligatorischen Anwendung kooperativer Roboter in der Automobilproduktion nicht bestätigt werden. Vertrauen und die Geschlechtsrolle wurden hingegen zusätzlich als Einflussvariablen identifiziert. Die Anwendung zur Steigerung der Akzeptanz gegenüber kooperativen Robotern im Vorfeld der Technikanwendung konnte gezeigt und auf eine andere Geräteklasse übertragen werden. Darüber hinaus konnte die Akzeptanz mit der Arbeitsqualität in Verbindung gebracht werden.

Zur Erklärung der Akzeptanz und Ableitung einer Intervention (Informationskonzept) zu deren Erhöhung wurde die UTAUT (Venkatesh et al., 2003) als theoretische Fundierung aufgrund ihrer Anwendbarkeit auf kooperative Roboter (Heerink et al., 2010) gewählt. Die Besonderheiten des Anwendungskontextes galt es bei der Untersuchungsplanung zusätzlich zu berücksichtigen. So wurde das theoretische Modell der UTAUT (Venkatesh et al., 2003) um die affektiven Variablen Vertrauen und Reaktanz ergänzt sowie der Moderator Geschlecht durch die Geschlechtsrolle ersetzt. Außerdem wurden die Beeinflussbarkeit der Akzeptanz im

Vorfeld der Technikanwendung durch das Informationskonzept sowie der Einfluss der Akzeptanz auf die Nutzung, in diesem Fall die Qualität der Arbeit, dem Untersuchungsmodell (Kap. 2.3.6) hinzugefügt. Um das Untersuchungsmodell samt der abgeleiteten Hypothesen zu untersuchen, wurden vier Studien durchgeführt.

Studie 1 (MB) fand an der Hochschule unter Laborbedingungen statt. Hier wurden die Anwendbarkeit des Untersuchungsmodells sowie die Beeinflussbarkeit der Akzeptanz durch die Darbietungsform von Informationen getestet und bestätigt.

Studie 2 (MÜ) fand in einem Training für angehende Mitarbeitende der Automobilproduktion statt. Diese Studie diente der differenzierten Betrachtung des Einflusses der Darbietungsform auf die Akzeptanz. Es wurden drei Varianten (Vignette, Video, Interaktion) miteinander verglichen. Die Interaktionsgruppe wies niedrigere Werte im erwarteten Nutzen auf, verglichen mit der Gruppe der Videobedingung. Darüber hinaus wurden bedeutsame Unterschiede in den Ergebnissen zu den Modellbeziehungen der Studie 1 (MB) deutlich.

Studie 3 (FL) diente der Überprüfung der Annahme, dass der Grad an Erfahrung im Umgang mit dem kooperativen Roboter sowie der Grad an Erfahrung in der Anwendungssituation, also der Automobilproduktion, eine Ursache für die Unterschiede sein könnte. Beide Dimensionen der Erfahrung beeinflussen die Akzeptanz.

In einer Pilotstudie (EI) wurde darüber hinaus auf das ein Informationskonzept hingearbeitet, indem nach Expertensicht wichtige Faktoren aus dem Untersuchungsmodell in eine Rangfolge gebracht wurden. Das Informationskonzept enthielt nach der mittleren Rangfolge gestufte Informationen (Anhang F). Diese wurden mittels der Darbietungsformen Vignette und Video den Teilnehmenden der Studie 4 (IK) erläutert, mit dem Ziel die Akzeptanz der Unerfahrenen zu erhöhen und der erhöhten Akzeptanz der mit kooperativen Robotern Erfahrenen anzupassen.

In Studie 4 (IK) konnte die Wirksamkeit des Informationskonzeptes zur Erhöhung der Akzeptanz gegenüber kooperativen Robotern im Vorfeld deren Anwendung nachgewiesen werden. Darüber hinaus konnte in Studie 4 (IK) der Einfluss der Akzeptanz auf die Arbeitsqualität bestätigt werden. Zusätzlich erfolgte eine Übertragung des Informationskonzeptes von kooperativen Robotern als physische Unterstützungssysteme auf kognitive Unterstützungssysteme. Die Ergebnisse deuten an, dass eine Verallgemeinerung möglich sein könnte. Die UTAUT erlaubt durch ihre breite theoretische Verankerung eine Überführung der Erkenntnisse aus einem eng umschriebenen Forschungskontext hin zu weiteren Anwendungsfällen.

Die Umsetzung der praktischen Anwendung der UTAUT im neuen Kontext kooperativer Roboter in der Automobilproduktion in der vorliegenden Arbeit wurde in Kap. 4.3 kritisch beleuchtet. So ist der Forschungskontext sehr eng umschrieben und durch die hier aufgeführten Befunde eine Verallgemeinerung schwerlich möglich.

Daraus ergeben sich Implikationen für nachfolgende Forschungsvorhaben. Durch die Beschränkung der vorliegenden Arbeit auf einen speziellen kooperativen Roboter sowie einen speziellen Anwendungsfall, sind weitere Untersuchungen für den Kontext obligatorischer Nutzung in der Industrie und zu Adaptation der UTAUT für Mensch-Roboter-Kooperationen angezeigt.

Die vorliegende Arbeit bildet einen Baustein in der Betrachtung der Akzeptanz kooperativer Roboter. Sie liefert eine Momentaufnahme der Akzeptanz im Vorfeld deren Anwendung. Die Wirkung anderer Faktoren auf die Akzeptanz und das Verhalten gegenüber kooperativen Robotern, wie die Gestaltung der Technik oder die Form der Interaktion, sind nicht untersucht worden. Langzeitstudien sollten dieser Frage nachgehen und auch langfristige Folgen abschätzen.

## 5 Quellenverzeichnis

- Agudo-Peregrina, A. F., Hernandez-Garcia, A., & Pascual-Miguel, F. J. (2014). Behavioral intention, use behavior and the acceptance of electronic learning systems: Differences between higher education and lifelong learning. *Computers in Human Behavior*, *34*, 301-314.
- Ajzen, I. (1985). From intention to action: A theory of planned behavior. In J. Kuh & J. Beckmann (Eds.), *Action control: From cognition to behaviour* (pp. 11-41). New York: Springer.
- Ajzen, I. (1988). *Attitudes, personality, and behavior*. Chicago: Dorsey.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, *50*(2), 179-211.
- Ajzen, I., & Fishbein, M. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behavior*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Akbar, F. (2013). *What affects students' acceptance and use of technology?* (Senior honors thesis). Carnegie Mellon University, PA.
- Allen, N. J., & Meyer, J. P. (1990). The measurement and antecedents of affective, continuance and normative commitment to the organization. *Journal of Occupational Psychology*, *63*, 1-18.
- Allport, G. W. (1954). *The nature of prejudice*. Reading, MA.: Addison-Wesley.
- AlAwadhi, A., & Morris, A. (2008). The use of the UTAUT model in the adoption of e-government services in Kuwait. *Proceedings of the 41<sup>st</sup> Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii.
- Anderson, J. E., Schwager, P. H., & Kerns, R. L. (2006). The drivers for acceptance of tablet PCs by faculty in a college of business. *Journal of Information Systems Education*, *17*(4), 429-440.
- Arndt, S. (2011). *Evaluierung der Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Arnold, W., Eysenck, H. J., & Meili, R. (2007). *Herders Lexikon der Psychologie*. Erfstadt: Hohe.
- Asendorpf, J. B. (2007). *Psychologie der Persönlichkeit*. Berlin: Springer.
- Attuquayefio, S., & Addo, H. (2014). Review of studies with UTAUT as conceptual framework. *European Scientific Journal*, *10*(8), 249-258.

- Bachmann Engineering AG (2016). *Universal robots - UR10 mit Control Panel*. Retrieved from Bachmann AG:  
<http://www.bachmann-ag.com/de-de/vertretungen/universalrobotsur.aspx>; 07.07.2016
- Badke-Schaub, P., Hofinger, G., & Lauche, K. (Hrsg.) (2012). *Human Factors*. Berlin: Springer.
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. *Automatica*, 19(6), 775-779.
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Behrend, T. S., Wiebe, E. N., London, J. E., & Johnson, E. C. (2011). Cloud computing adoption and usage in community colleges. *Behaviour & Information Technology*, 30(2), 231-240.
- Berger, A. (2010). *Entwicklung und Validierung eines Inventars zur Erfassung positiver und negativer Attribute des Geschlechtsrollenselbstkonzepts*. (Dissertation). Universität Potsdam, DE.
- Bertrand, M., & Bouchard, S. (2008). Applying the Technology Acceptance Model to VR with people who are favorable to its use. *Journal of Cyber Therapy & Rehabilitation*, 1(2), 200-211.
- Bethel, C. L., & Murphy, R. R. (2010). Review of human studies methods in HRI and recommendations. *International Journal of Social Robotics*, 2(4), 347-359.
- Bowers, C. A., Oser, R. L., Salas, E., & Cannon-Bowers, J. A. (1996). Team performance in automated systems. In R. Parasuraman & M. Mouloua (Eds.), *Automation and Human Performance: Theory and Applications* (163-181). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Breakwell, G. M., & Fife-Schaw, C. (1988). Ageing and the impact of new technology. *Social Behaviour*, 3, 119-130.
- Bratman, M. (1992). Shared cooperative activity. *The Philosophical Review*, 101(2), 327-341.
- Brauer R. R., Fischer, N. M. & Grande, G. (2014). Steigerung der Akzeptanz neuer Technologien am Beispiel kooperativer Roboter. In R. Weidner und T. Redlich (Hrsg.), *Technische Systeme, die die Menschen wirklich wollen* (S. 220-228). Berlin: Springer.
- Brosnan, M. J. (1999). Modeling technophobia: A case for wordprocessing. *Computers in Human Behavior*, 15, 105-121.
- Brehm, J. W. (1966). *Theory of psychological reactance*, New York: Academic Press.
- Brooks, R. (2002). Humanoid robots. *Communications of the ACM*, 45(3), 33-38.
- Broos, A. (2005). Gender and information and communication technologies (ICT) anxiety: Male self-assurance and female hesitation. *CyberPsychology & Behavior*, 8(1), 21-31.

- Buche, M. W., Davis, L. R., & Vician, C. (2012). Does technology acceptance affect e-learning in a non-technology-intensive course? *Journal of Information Systems Education*, 23(1), 41-50.
- Bühner, M., & Ziegler, M. (2009). *Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*. München: Pearson.
- Burdick, D. C., & Kwon, S. (Eds.). (2004). *Gerontechnology: Research and practice in technology and aging*. New York: Springer.
- Charness, N. C., Bosman, E. A., Birren, J. E., & Schaie, K. W. (1990). Human factors and design for older adults, *Handbook of the psychology of aging (3rd ed.)* (pp. 446-463). San Diego, CA, US: Academic Press.
- Carter, L., & Bélanger, F. (2005). The utilization of e-government services: Citizen trust, innovation and acceptance factors. *Information Systems Journal*, 15, 5-25.
- Chen, S.-C., Li, S.-H., & Li, C.-Y. (2011). Recent related research in Technology Acceptance Model: A literature review. *Australian Journal of Business and Management Research*, 1(9), 124-127.
- Chi, M. T. H. (2006). Two approaches to the study of experts' characteristics. In K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich, & R. R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance* (pp. 21-30). New York: Cambridge University Press.
- Chuttur, M. (2009). Overview of the Technology Acceptance Model: Origins, Developments and Future Directions. *Sprouts: Working Papers on Information Systems*, 9(37), 1-21.
- Claßen, K. (2012). *Zur Psychologie von Technikakzeptanz im höheren Alter. Die Rolle der Technikgenerationen*. (Dissertation). Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, DE.
- Cohen, M. S., Parasuraman, R., & Freeman, J. T. (1998). Trust in decision aids: A model and its training implications. *Proceedings of the 1998 Command and Control Research and Technology Symposium*, Monterey, CA.
- Compeau, D. R., & Higgins, C. A. (1995). Application of social cognitive theory to training for computer skills. *Information Systems Research*, 6(2), 118-143.
- Cook, D. J., & St. Lawrence, J. S. (1990). Variations in presentation format: Effect on interpersonal evaluations of assertive and unassertive behavior. *Behavior Modification*, 14(1), 21-36.
- Czaja, S. J., Charness, N. C., Fisk, A. D., Hertzog, C., Nair, S. N., Rogers, W. A., & Sharit, J. (2006). Factors predicting the use of technology: Findings from the center for research and education on aging and technology enhancement (CREATE). *Psychology and Aging*, 21(2), 333-352.

- Czaja, S. J., & Sharit, J. (1998). Age differences in attitudes toward computers. *Journals of Gerontology: Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 53(5), 329-340.
- Czaja, S. J., Sharit, J., Charness, N. C., Fisk, A. D., & Rogers, W. A. (2001). The center for research and education on aging and technology enhancement (CREATE): A program to enhance technology for older adults. *Gerontechnology*, 1(1), 50-59.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 319-340.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1992). Extrinsic and intrinsic motivation to use computers in the workplace. *Journal of Applied Social Psychology*, 22(14), 1111-1132.
- Davis, F. D., & Venkatesh, V. (2004). Toward preprototype user acceptance testing of new information systems: Implications for Software Project Management. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 51(1), 31-46.
- Deutsches Institut für Normung (Hrsg.) (2010). *Roboter und Robotikgeräte - Wörterbuch (ISO/DIN 8373)*. Berlin: Beuth.
- Deutsches Institut für Normung (Hrsg.) (2012). *Industrieroboter - Sicherheitsanforderungen - Teil 1: Roboter (ISO 10218-1)*. Berlin: Beuth.
- Deutsches Institut für Normung (Hrsg.) (2016). *Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze (ISO 13849-1)*. Berlin: Beuth.
- Dickerson, M. D., & Gentry, J. W. (1983). Characteristics of adopters and non-adopters of home computers. *Journal of consumer research*, 10, 225-235.
- Dixon, S. R., & Wickens, C. D. (2006). Automation reliability in unmanned aerial vehicle control: A reliance-compliance model of automation dependence in high workload. *Human Factors*, 48(3), 474-486.
- Dixon, S. R., Wickens, C. D., & McCarley, J. S. (2007). On the independence of compliance and reliance: Are automation false alarms worse than misses? *Human Factors*, 49(4), 564-572.
- Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37(1), 32-64.
- Endsley, M. R., Kaber, D. B. (1999). Level of automation effects on performance, situation awareness and workload in a dynamic control task. *Ergonomics*, 42(3), 462-492.
- Epley, N., Waytz, A., & Cacioppo, J. T. (2007). On seeing human: A three-factor theory of anthropomorphism. *Psychological Review*, 114(4), 864-886.

- Eriksson-Zetterquist, U., & Knights, D. (2004). Stories about men implementing and resisting new technologies. *New Technology, Work & Employment*, *19*, 192-206.
- Fitts, P. M. (1951). *Human Engineering for an effective air-navigation and traffic-control system*. Columbus Ohio: Ohio State University Research Foundation.
- Frey, D., Dauenheimer, D., Parge, O., & Haisch, J. (1993). Die Theorie sozialer Vergleichsprozesse. In D. Frey & M. Irle (Hrsg.), *Theorien der Sozialpsychologie, Band I: Kognitive Theorien* (S. 81-121). Bern: Huber.
- Gefen, D., Karahanna, E., & Straub, D. W. (2003). Inexperience and experience with online stores: The importance of TAM and trust. *IEEE Transactions on Engineering Management*, *50*, 307-321.
- Gefen, D., & Straub, D. W. (1997). Gender differences in the perception and use of e-mail: An extension to the Technology Acceptance Model. *MIS Quarterly*, *21*(4), 389-400.
- Gitlin, L. N. (1995). Why older people accept or reject assistive technology. *Generations*, *19*, 41-46.
- Goodrich, M. A., & Schultz, A. C. (2007). Human-robot interaction: A survey. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, *1*(3), 203-275.
- Grunwald, A. (1999). Technology policy: From acceptance to acceptability. *IPTS Report*, *34*, 13-20.
- Haertel, T., & Weyer, J. (2005). Technikakzeptanz und Hochautomation. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis*, *14*(3), 61-67.
- Hakuli, S., Bruder, R., Flemisch, F. O., Löper, C., Rausch, H., Schreiber, M., & Winner, H. (2012). Kooperative Automation. In H. Winner, S. Hakuli, & G. Wolf (Hrsg.), *Handbuch Fahrerassistenzsysteme* (pp. 641–650). Wiesbaden: Vieweg + Teubner.
- Hancock, P. A., Billings, D. R., & Schaefer, K. E. (2011). A meta-analysis of factors affecting trust in human-robot interaction. *Human Factors*, *53*(5), 517-527.
- Haslam, N. (2006). Dehumanization: An integrative review. *Personality and Social Psychology Review*, *10*(3), 252-264.
- Heerink, M., Kröse, B., Evers, V., & Wielinga, B. (2010). Assessing acceptance of assistive social agent technology by older adults: The Almere Model. *International Journal of Social Robotics*, *2*(4), 361-375.
- Helms, E., & Meyer, C. (2005). Assistor - Mensch und Roboter rücken zusammen. *wt Werkstattstechnik online*, *95*(9), 677-683.
- Hinds, P. J., Roberts, T. L., & Jones, H. (2004). Whose job is it anyway? A study of human-robot interaction in a collaborative task. *Human-Computer Interaction*, *19*, 151-181.

- Hoffman, G., & Breazeal, C. (2016). *Collaboration in Human-Robot Teams*. Retrieved from MIT, American Institute of Aeronautics and Astronautics website: <http://alumni.media.mit.edu/~guy/publications/HoffmanAIAA04.pdf>; 31.03.2016.
- Im, I., Hong, S., & Kang, M. S. (2011). An international comparison of the technology adoption: Testing the UTAUT model. *Information & Management*, 48(1), 1-8.
- Im, S., Bayus, B. L., & Mason, C. H. (2003). An empirical study of innate consumer innovativeness, personal characteristics, and new-product adoption behavior. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 31, 61-73.
- Jamieson, D. W., Lydon, J. E., Stewart, G., & Zanna, M. P. (1987). Pygmalion revisited: New evidence for student expectancy effects in the classroom. *Journal of Educational Psychology*, 79(4), 461-466.
- Jonas, G. A., Norman, C. S. (2011). Textbook websites: User technology acceptance behavior. *Behaviour & Information Technology*, 30(2), 147-159.
- Kaasinen, E. (2008). User acceptance of mobile services. In J. Lumsden (Ed.), *Handbook of research on user interface design and evaluation for mobile technology* (pp. 102-121). Hershey: IGI Global.
- Kahn, P. H., JR., Ishiguro, H., Friedman, B., Kanda, T., Freier, N. G., Severson, R. L., & Miller, J. (2007). What is human? Towards psychological benchmarks in the human-robot interaction. *Interaction Studies*, 8(3), 363-390.
- Karrer, K., Glaser, C., Clemens, C., & Bruder, C. (2009). Technikaffinität erfassen – der Fragebogen TA-EG. In A. Lichtenstein, C. Stöbel und C. Clemens (Hrsg.), *Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme. 8. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme (ZMMS Spektrum*, 22(29), pp. 196-201). Düsseldorf: VDI.
- Kiesler, S., & Hinds, P. (2004). Introduction to this special issue on human-robot interaction. *Human-Computer Interaction*, 19, 1-8.
- Kim, Y., J., Chun, J., U., & Song, J. (2009). Investigating the role of attitude in technology acceptance from an attitude strength perspective. *International Journal of Information Management*, 29(1), 67-77.
- King, W. R., & He, J. (2006). A meta-analysis of the technology acceptance model. *Information & Management*, 43(6), 740-755.
- Kohnke, A., Cole, M. L., Bush, R., Ellis, M. S., Hagan, M., & Cruz, J. (2014). Incorporating UTAUT predictors for understanding home care patients' and clinician's acceptance of healthcare telemedicine equipment. *Journal of Technology, Management and Innovation*, 9(2), 29-41.

- Krems, J. (1994). *Wissensbasierte Urteilsbildung*. Bern: Huber.
- Krüger, J., Lien, T. K., & Verl, A. (2009). Cooperation of human and machines in assembly lines. *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 58, 628-646.
- Kulviwat, S., Bruner II, G. C., Kumar, A., Nasco, S. A., & Clark, T. (2007). Toward a unified theory of consumer acceptance technology. *Psychology & Marketing*, 24(12), 1059-1084.
- Kummer, T.-F., Schäfer, K., & Todorova, N. (2013). Acceptance of hospital nurses toward sensor-based medication systems: A questionnaire survey. *International Journal of Nursing Studies*, 50(4), 508-517.
- Kuvaas, B., & Dysvik, A. (2009). Perceived investment in employee development, intrinsic motivation and work performance. *Human Resource Management Journal*, 19(3), 217-236.
- LaPiere, R. T. (1934). Attitudes vs. actions. *Social Forces*, 13, 230-237.
- Lederer, A. L., Maupin, D. J., Sena, M. P., & Zhunag, Y. (2000). The technology acceptance model and the world wide web. *Decision Support Systems*, 29, 269-282.
- Li, L. (2008). *A critical review of technology acceptance literature*. Retrieved from Grambling State University, Department of Accounting, Economics and Information Systems website:  
[http://www.swdsi.org/swdsi2010/sw2010\\_preceedings/papers/pa104.pdf](http://www.swdsi.org/swdsi2010/sw2010_preceedings/papers/pa104.pdf); 24.11.2016.
- Li, J. P., & Kishore, R. (2006). How robust is the UTAUT Instrument? A multigroup invariance analysis in the context of acceptance and use of online community weblog systems. *Proceedings of SIGMIS CPR '06*, Claremont, CA.
- Lievens, F., & Sackett, P. R. (2006). Video-based versus written situational judgment tests: A comparison in terms of predictive validity. *Journal of Applied Psychology*, 91(5), 1181-1188.
- Lin, C.-P., & Anol, B. (2008). Learning online social support: An investigation of network information technology based on UTAUT. *CyberPsychology & Behavior*, 11(3), 268-272.
- Lindenberger, U., Lövdén, M., Schellenbach, M., Li, S.-C., & Krüger, A. (2008). Psychological principles of successful aging technologies: A mini-review. *Gerontology*, 54(1), 59-68.
- Louho, R., Kallioja, M., & Oittinen, P. (2006). Factors affecting the use of hybrid media applications. *Graphic Arts in Finland*, 35(3), 11-21.
- Lucke, D. (1995). Akzeptanz. Legitimität in der „Abstimmungsgesellschaft“. Opladen: Leske + Budrich.

- Madhavan, P., & Wiegmann, D. A. (2007). Effects of information source, pedigree, and reliability on operator interaction with decision support systems. *Human Factors*, 49(5), 773-785.
- Malhotra, Y., & Galletta, D. F. (Eds.) 1999. *Extending the Technology Acceptance Model to account for social influence: Theoretical bases and empirical validation*. Los Alamitos, Calif.: IEEE Computer Society Press.
- Masrom, M. (Ed.) 2007. Technology Acceptance Model and the e-learning. *12<sup>th</sup> International Conference on Education*, University Brunei.
- Mayer, A. K., Rogers, W. A., & Fisk, A. D. (2009). *Understanding technology acceptance: Effects of user expectancies on human-automation interaction*. (Technical Report). Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA.
- McCreary, D. R., & Saucier, D. M. (2002). A confirmatory factor analysis of the short form Sex Role Behavior Scale. *Sex Roles*, 47, 169-177.
- Melenhorst, A.-S., & Bouwhuis, D. G. (2004). When do older adults consider the internet? An exploratory study of benefit perception. *Gerontechnology*, 3(2), 89-101.
- Meyer, J. (2001). Effects of warning validity and proximity on responses to warnings. *Human Factors*, 43(4), 563-572.
- Meyer, J. (2004). Conceptual issues in the study of dynamic hazard warnings. *Human Factors*, 46(2), 196-204.
- Mitzner, T. L., Boron, J. B., Fausset, C. B., Adams, A. E., Charness, N. C., Czaja, S. J., Dijkstra, K., Rogers, A., & Sharit, J. (2010). Older adults talk technology: Technology usage and attitudes. *Computers in Human Behavior*, 26(6), 1710-1721.
- Moeser, G., Moryson, H., & Schwenk, G. (2013). Determinants of online social business network usage behavior - Applying the Technology Acceptance Model and its extensions. *Psychology*, 4(4), 433-437.
- Moore, G. C., & Benbasat, I. (1996). Integrating diffusion of innovations and theory of reasoned action models to predict utilization of information technology by end-users. In K. Kautz, & J. Pries-Hege (Eds.), *Diffusion and adoption of Information Technology* (pp. 132-146). London: Chapman and Hall.
- Mosley, V. V. W. (2013). Technology adoption in K-12 education: A qualitative study using TAM 3 to explore why technology is underutilized. (Dissertation). Capella University, MN.
- Muldoon, O., & Reilly, J. (1998). Biology. In K. Trew, & J. Kremer (Hrsg.), *Gender & Psychology* (S. 55-65). London: Arnold.

- Mundorf, N., Westin, S., & Dholakia, N. (1993). Effects of hedonic components and user's gender on the acceptance of screen-based information services. *Behaviour & Information Technology, 12*(5), 293-303.
- Nass, C., Steuer, J., & Tauber, E. R. (1994). Computers are social actors. *CHI '94 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Boston, MA.
- Nasution, M. F. F. A. (2007). Investigating social influence on acceptance of executive information systems: A UTAUT framework approach. *Proceedings of the 2007 Southern Association for Information Systems Conference*. Jacksonville Beach, FL.
- Niemelä-Nyrhinen, J. (2007). Baby boom consumers and technology: Shooting down stereotypes. *Journal of Consumer Marketing, 24*(5), 305-312.
- Oshlyansky, L., Cairns, P., & Thimbleby, H. (2007). Validating the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) tool cross-culturally. *Proceedings of the 21<sup>st</sup> BCS HCI Group Conference*. Lancaster University, UK.
- Parasuraman, R., Sheridan, T. B., & Wickens, C. D. (2000). A model for types and levels of human interaction with automation. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics - Part A: Systems and humans, 30*(3), 286-297.
- Park, S. Y. (2009). An analysis of the Technology Acceptance Model in understanding university students' behavioral intention to use e-learning. *Educational Technology & Society, 12*(3), 150-162.
- Pavlou, P. A., & Fygenson, M. (2006). Understanding and predicting electronic commerce adoption: An extension of the theory of planned behavior. *MIS Quarterly, 30*, 115-143.
- Raappana, A., Rauma, M., & Melkas, H. (2007). Impact of safety alarm systems on care personnel. *Gerontechnology, 6*(2), 112-117.
- Renn, O. (2005). Technikakzeptanz: Lehren und Rückschlüsse der Akzeptanzforschung für die Bewältigung des technischen Wandels. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis, 14*(3), 29-38.
- Renner, B., Spivak, Y., Kwon, S., & Schwarzer, R. (2007). Does age make a difference? Predicting physical activity of South Koreans. *Psychology and Aging, 22*(3), 482-493.
- Rogers, E. M. (1995). *The diffusion of innovations*. New York: Free Press.
- Rosenthal, R. (1976). *Experimenter effects in behavioral research*. Oxford: Irvington.
- Rosenthal, R., & Jacobson, L. (1968). *Pygmalion in the classroom*. New York: Holt, Rinehart, and Winston.

- Ruble, D. N., & Martin, C. L. (1998). Gender development. In N. Eisenberg, & N. Eisenberg (Eds.), *Handbook of child psychology* (pp. 933-1016). Hoboken: John Wiley & Sons.
- Salvini, P., Laschi, C., & Dario, P. (2010). Design for acceptability: Improving robots' coexistence in human society. *International Journal of Social Robotics*, 2(4), 451-460.
- Sanchez, J. (2006). *Factors that affect trust and reliance on an automated aid*. (Dissertation). Georgia Institute of Technology, GA.
- Sarter, N. B., & Woods, D. D. (1995). How in the world did we ever get into that mode?: Mode error and awareness in supervisory control. *Human Factors*, 37(1), 5-19.
- Schade, J. (2005). *Akzeptanz von Straßenbenutzungsgebühren*. (Dissertation). Technische Universität Dresden, DE.
- Schade, J., & Schlag, B. (2003). Acceptability of urban transport pricing strategies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 6(1), 45-61.
- Schade, J., & Schlag, B. (2004). Kognitive Bedingungen der öffentlichen Akzeptanz von Straßenbenutzungsgebühren. *Umweltpsychologie*, 8(1), 210-224.
- Schiewe, J. (2011). *Akzeptanz innovativer Self-Service-Technologien: Eine geschlechtsfokussierte Betrachtung der Akzeptanz von Selbstbedienungskassen im Einzelhandel*. (Dissertation). Technische Universität Ilmenau, DE.
- Shenkar, O. (1988). Robotics: A challenge for occupational psychology *Journal of Occupational Psychology*, 61(1), 103-112.
- Shin, D.-H., & Choo, H. (2011). Modeling the acceptance of socially interactive robotics: Social presence in human-robot interaction. *Interaction Studies*, 12(3), 430-460.
- Singleton, C. H. (1986). Biological and social explanations of sex-role stereotyping. In D. J. Hargreaves, & A. M. Colley (Eds.), *The psychology of sex roles* (pp. 3-26). London: Harper & Row.
- Snyder, M. L., & Frankel, A. (1976). Observer bias: A stringent test of behavior engulfing the field. *Journal of Personality and Social Psychology*, 34, 857-864.
- Stöber, J. (2001). The Social Desirability Scale-17 (SDS-17). Convergent Validity, Discriminant Validity, and Relationship with Age. *European Journal of Psychological Assessment*, 17, 222-232.
- Tacke, J. (2005). *Marktakzeptanz neuer Technologien am Beispiel der Biometrik*. Bamberg: Difo-Druck.
- Taiwo, A. A., & Downe, A. G. (2013). The theory of user acceptance and use of technology (UTAUT): A meta-analytic review of empirical findings. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 49(1), 48-58.

- Taylor, S, & Todd, P. A. (1995a). Assessing IT usage: The role of prior experience. *MIS Quarterly*, 19(2), 561-570.
- Thompson, R. L., Higgins, C. A., & Howell, J. M. (1991). Personal computing: Toward a conceptual model of utilization. *MIS*, 15(1), 125-143.
- Thompson, E. R., & Phua, T. T. (2012). A Brief Index of Affective Job Satisfaction. *Group & Organization Management*, 37(3), 275-307.
- Thong, J. Y. L. (1999). An integrated model of information systems adoption in small businesses. *Journal of Management Information Systems*, 15(4), 187-214.
- Triandis, H. C. (1977). *Interpersonal behavior*. Monterey, CA: Brooke/Cole.
- Turkle, S. (2005). *The second self: Computers and the human spirit (20)*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Ulich, E. (2011). *Arbeitspsychologie*. Zürich: vdf.
- Universal Robots (2015). *UR10 Technische Spezifikationen*. Retrieved from Universal Robots: [http://www.universal-robots.com/media/50889/ur10\\_de.pdf](http://www.universal-robots.com/media/50889/ur10_de.pdf); 07.07.2016.
- Vallerand, R. J. (1997). Towards a hierarchical model of intrinsic and extrinsic motivation. In M. Zanna (Eds.), *Advances in experimental social psychology* (pp. 271-360). New York: Academic Press.
- van Ittersum, K., Rogers, W. A., O'Brien, M. A., Caine, K. E., Parsons, L. J., & Fisk, A. D. (2006). *Understanding technology acceptance: Phase 1 – Literature review and qualitative model development*. (Technical Report). Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA.
- van der Laan, J. D. (1998). *Acceptance of automatic violation-registration systems*. (Doctoral Thesis). University of Groningen, NL.
- 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, 186-204.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425-478.
- Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., Chan, F. K. Y., Hu, P. J.-H., & Brown, S. A. (2011). Extending the two-stage information systems continuance model: Incorporating UTAUT predictors and the role of context. *Information Systems Journal*, 21(6), 527-555.
- Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., & Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of information technology: Extending the unified theory of acceptance and use of technology. *MIS Quarterly*, 36(1), 157-178.

- v. Zitzewitz, J. von, Boesch, P. M., Wolf, P., & Riener, R. (2013). Quantifying the human likeness of a humanoid robot. *International Journal of Social Robotics*, 5(2), 263-276.
- Wahl, H.-W., Claßen, K., & Oswald, F. (2010). Technik als zunehmend bedeutsame Umwelt für Ältere: Ein Überblick zu Konzepten, Befunden und Herausforderungen. In U. Fachinger & K.-D. Henke (Eds.), *Der private Haushalt als Gesundheitsstandort. Theoretische und empirische Analysen* (pp. 15-32). Baden-Baden: Nomos.
- Weidner, R., Redlich, T., & Wulfsberg, J. P. (Hrsg.) (2015). *Technische Unterstützungssysteme*. Berlin: Springer.
- Weil, M. M., & Rosen, L. D. (1995). The psychological impact of technology from a global perspective: A study of technological sophistication and technophobia in university students from twenty-three countries. *Computers in Human Behavior*, 11(1), 95-133.
- Weiss, A., & Tscheligi, M. (2010). Special issue on robots for future societies: Evaluating social acceptance and societal impact of robots. *International Journal of Social Robotics*, 2(4), 345-346.
- Wickens, C. D., Helleberg, J., & Xu, X. (2002). Pilot maneuver choice and workload in free flight. *Human Factors*, 44(2), 171-188.
- Williams, M. D., Rana, N. P., Dwivedi, Y. K., & Lal, B. (2011). Is UTAUT really used or just cited for the sake of it? A systematic review of citations of UTAUT's originating article. *Proceedings of ECIS*, Helsinki, FI.
- Wirtz, M. A. (2014.). *Dorsch - Lexikon der Psychologie*. Bern: Hans Huber.
- Wixom, B. H., & Todd, P. A. (2005). A theoretical integration of user satisfaction and technology acceptance. *Information Systems Research*, 16(1), 85-102.
- Yan, H., Ang, M. H., & Poo, A. N. (2013). A survey on perception methods for human–robot interaction in social robots. *International Journal of Social Robotics*, 6(1), 85-119.

**6 Anhang**

<b>6 Anhang .....</b>	<b>145</b>
<i>6.1 Anhang A.....</i>	<i>i</i>
<i>6.2 Anhang B.....</i>	<i>ii</i>
<i>6.3 Anhang C.....</i>	<i>vii</i>
<i>6.4 Anhang D .....</i>	<i>x</i>
<i>6.5 Anhang E.....</i>	<i>xv</i>
<i>6.6 Anhang F.....</i>	<i>xvii</i>
<i>6.7 Anhang G .....</i>	<i>xix</i>
<i>6.8 Anhang H .....</i>	<i>xxv</i>



## 6.1 Anhang A

*Vignetten zur Arbeit mit dem kooperativen Roboter für die Studierenden (Studie 1: MB)*

### **Aufgaben- und mitarbeiterorientierte Version**

Ein neuer Roboterarm (UR-10) soll in der Automobilmontage installiert werden. Er unterstützt die Arbeiter bei der Arbeit, indem er komplizierte und fehleranfällige Arbeitsinhalte übernimmt.

Für das [REDACTED] muss [REDACTED] werden. Per Hand erfordert dieser Prozess viel Konzentration und Geschick. Wenn Fehler entstehen, sind sie teuer und zeitaufwendig in der Behebung. Der UR-10 übernimmt den [REDACTED]. Alle anderen Arbeitsschritte (wie z. B. das [REDACTED] [REDACTED]) müssen weiterhin per Hand erledigt werden. Zusätzlich muss man das richtige Programm für [REDACTED] auswählen.

### **Aufgabenorientierte Version**

Ein neuer Roboterarm (UR-10) soll in der Automobilmontage installiert werden. Er unterstützt die Arbeiter bei der Arbeit, indem er fehleranfällige Arbeitsinhalte übernimmt.

Für das [REDACTED] muss [REDACTED] werden. Per Hand entstehen schnell Fehler, die teuer und zeitaufwendig in der Behebung sind. Der UR-10 übernimmt den [REDACTED]. Alle anderen Arbeitsschritte (wie z. B. das [REDACTED] [REDACTED]) müssen weiterhin per Hand erledigt werden. Zusätzlich muss man das richtige Programm für [REDACTED] auswählen.

## **6.2 Anhang B**

### *Fragebogen zur Erhebung der Studie 1 (MB)*

#### **Instruktion**

Vielen Dank, dass Sie an diesem kurzen Fragebogen teilnehmen. Mit dessen Hilfe und Ihrer Mitwirkung untersuche ich im Rahmen meiner Dissertation die Auswirkungen der Mensch-Roboter-Kooperation auf den Menschen. Der Fragebogen dauert ca. 15 Minuten.

Im Folgenden finden Sie einen Fragebogen. Dieser bezieht sich auf Sie und Ihre Einstellungen. Kreuzen Sie dafür das entsprechende Feld an. Bitte lassen Sie keine Frage aus! Sollten Ihnen einige Fragen schwer zu beantworten erscheinen, dann beantworten Sie diese bitte so wie es für Sie am ehesten zutrifft.

Die Daten werden nur zu wissenschaftlichen Zwecken im Rahmen meiner Dissertation verwendet. Eine gesonderte Auswertung einzelner Fragebögen erfolgt nicht. Man wird keine Rückschlüsse auf einzelne Personen ziehen.

ANHANG

Bitte schätzen Sie auf einer 5-stufigen Skala ein in wie weit diese Aussagen auf Sie zutreffen.					
1. Wie bewerten Sie diese Fragen zum Studium im Allgemeinen?					
	<i>Stimme voll und ganz zu</i>			<i>Stimme gar nicht zu.</i>	
Ich habe große Freude an meinem Studium.	1	2	3	4	5
Ich mag mein Studium lieber als der Durchschnitt.	1	2	3	4	5
Ich bin meistens begeistert von meinem Studium.	1	2	3	4	5
Ich bin relativ zufrieden mit meinem Studium.	1	2	3	4	5
2. Wie bewerten Sie diese Aussagen zur Technik im Allgemeinen?					
Ich informiere mich über elektronische Geräte, auch wenn ich keine Kaufabsicht habe.	1	2	3	4	5
Ich liebe es, neue elektronische Geräte zu besitzen.	1	2	3	4	5
Ich bin begeistert, wenn ein neues elektronisches Gerät auf den Markt kommt.	1	2	3	4	5
Ich gehe gern in den Fachhandel für elektronische Geräte.	1	2	3	4	5
Es macht mir Spaß, ein elektronisches Gerät auszuprobieren.	1	2	3	4	5
Ich kenne die meisten Funktionen der elektronischen Geräte, die ich besitze.	1	2	3	4	5
Ich habe bzw. hätte Verständnisprobleme beim Lesen von Elektronik- und Computerzeitschriften.	1	2	3	4	5
Es fällt mir leicht, die Bedienung eines elektronischen Geräts zu lernen.	1	2	3	4	5
Ich kenne mich im Bereich elektronischer Geräte aus.	1	2	3	4	5

Platzhalter für die Vignette.

3. Wie bewerten Sie diese Aussagen zur Montagearbeit?					
Die Einführung neuer Roboter in die Montage ist gut.	1	2	3	4	5
Die Montagearbeit wird von Robotern / Maschinen und Menschen gemeinsam gut erledigt.	1	2	3	4	5
Ich fühle mich über Roboter in der Montage gut informiert.	1	2	3	4	5

ANHANG

4. Bitte stellen Sie sich die Arbeit mit dem UR-10 (Bild oben) vor. Wie bewerten Sie die folgenden Aussagen?					
	<i>Stimme voll und ganz zu</i>			<i>Stimme gar nicht zu.</i>	
Mit dem UR-10 könnte man schneller arbeiten.	1	2	3	4	5
Der UR-10 würde die Arbeit vereinfachen.	1	2	3	4	5
Mit dem UR-10 könnte man die Arbeitsleistung steigern.	1	2	3	4	5
Ich würde es einfach finden, den neuen UR-10 zu bedienen, um den Kleberauftrag durchführen zu lassen.	1	2	3	4	5
Zu erlernen, wie man den UR-10 benutzt, um den Kleberauftrag durchführen zu lassen, würde mir leicht fallen.	1	2	3	4	5
Es würde mir leicht fallen, sicher mit dem UR-10 umzugehen, um den Kleberauftrag durchzuführen.	1	2	3	4	5
Ich denke, dass die Mitarbeiter es gern sehen, wenn der UR-10 benutzt wird, anstatt den Kleberauftrag per Hand zu erledigen.	1	2	3	4	5
Ich bin der Meinung, es würde einen guten Eindruck unter den Mitarbeitern machen, wenn man den UR-10 benutzen würde.	1	2	3	4	5
Die Mitarbeiter haben alle Voraussetzungen, um den UR-10 zu benutzen.	1	2	3	4	5
Man wird den Mitarbeitern genug über den UR-10 erklären, um ihn sinnvoll nutzen zu können.	1	2	3	4	5
Ich würde dem UR-10 vertrauen, wenn er mir eine Anweisung gibt.	1	2	3	4	5
Ich würde die Anweisung, die mir der UR-10 gegeben hat, befolgen.	1	2	3	4	5
Ich würde den UR-10 sofort nutzen.	1	2	3	4	5
Ich bin sicher, dass ich mich mit dem UR-10 während der ersten Tage auch beschäftigen würde.	1	2	3	4	5
Ich würde mir vornehmen den UR-10 während der ersten Tage kennen zu lernen.	1	2	3	4	5
Wenn ich den UR-10 benutzen müsste, hätte ich Angst, ihn falsch zu bedienen.	1	2	3	4	5
Wenn ich den UR-10 benutzen müsste, hätte ich Angst, ihn zu beschädigen.	1	2	3	4	5
Ich finde den UR-10 beängstigend.	1	2	3	4	5
Ich finde den UR-10 einschüchternd.	1	2	3	4	5
Alles in allem ist die Nutzung des UR-10 ...					
eine schlechte Idee..... eine gute Idee					
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
ein unkluger Schritt ... ein weiser Schritt					
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
negativ ..... positiv					
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					

ANHANG

5. Fragen zu Ihrer Person

Alter: \_\_\_\_\_

Geschlecht: weiblich

männlich

Ihre Aufgabe besteht darin, sich hinsichtlich jeder Eigenschaft selbst einzuschätzen, d. h. inwieweit sie ein Teil Ihrer Persönlichkeit ist. So könnte die Eigenschaft *fröhlich* zum Beispiel auch als folgende Frage formuliert sein: Halten Sie sich für einen *fröhlichen* Menschen?

	<i>Stimme voll und ganz zu.</i>					<i>Stimme gar nicht zu.</i>	
	1	2	3	4	5	6	7
logisch	1	2	3	4	5	6	7
rational	1	2	3	4	5	6	7
sachlich	1	2	3	4	5	6	7
lösungsorientiert	1	2	3	4	5	6	7
analytisch	1	2	3	4	5	6	7
praktisch	1	2	3	4	5	6	7
überheblich	1	2	3	4	5	6	7
angeberisch	1	2	3	4	5	6	7
rücksichtslos	1	2	3	4	5	6	7
machtbesessen	1	2	3	4	5	6	7
prahlerisch	1	2	3	4	5	6	7
schroff	1	2	3	4	5	6	7
einfühlsam	1	2	3	4	5	6	7
gefühlvoll	1	2	3	4	5	6	7
zärtlich	1	2	3	4	5	6	7
emotional	1	2	3	4	5	6	7
leidenschaftlich	1	2	3	4	5	6	7
liebvoll	1	2	3	4	5	6	7
orientierungslos	1	2	3	4	5	6	7
naiv	1	2	3	4	5	6	7
überevorsichtig	1	2	3	4	5	6	7
überempfindlich	1	2	3	4	5	6	7
ängstlich	1	2	3	4	5	6	7
selbstzweifelnd	1	2	3	4	5	6	7

ANHANG

6. Bei den folgenden Fragen geht es darum, wie sehr Sie sich mit der [ ] verbunden fühlen.							
	<i>Stimme voll und ganz zu..</i>				<i>Stimme gar nicht zu.</i>		
Ich wäre sehr froh bis zum Studienabschluss an der [ ] sein zu können.	1	2	3	4	5	6	7
Ich unterhalte mich gerne auch mit Leuten über die [ ], die hier nicht studieren.	1	2	3	4	5	6	7
Probleme der [ ] beschäftigen mich häufig so, als seien sie meine eigenen.	1	2	3	4	5	6	7
Ich glaube, ich könnte mich leicht mit einer anderen Hochschule so stark verbunden fühlen wie mit der [ ].	1	2	3	4	5	6	7
Ich empfinde mich nicht als «Teil der Familie» der [ ].	1	2	3	4	5	6	7
Ich fühle mich emotional nicht sonderlich mit der [ ] verbunden.	1	2	3	4	5	6	7
Die [ ] hat eine große persönliche Bedeutung für mich.	1	2	3	4	5	6	7
Ich empfinde kein starkes Gefühl der Zugehörigkeit zur [ ].	1	2	3	4	5	6	7
Die Studieninhalte allein wecken in mir den Antrieb in die Hochschule zu gehen.	1	2	3	4	5	6	7
Das Studium, das ich absolviere, ist angenehm.	1	2	3	4	5	6	7
Mein Studium ist wichtig.	1	2	3	4	5	6	7
Mein Studium ist sehr aufregend.	1	2	3	4	5	6	7
Ich bin motiviert, weil mein Studium so interessant ist.	1	2	3	4	5	6	7
Manchmal ist meine Studium so mitreißend, dass ich alles um mich herum vergesse.	1	2	3	4	5	6	7
Warum studieren Sie hier? Ich studiere hier, ...							
... weil es mir Spaß macht, Neues zu erleben.	1	2	3	4	5	6	7
... weil es mir Freude bereitet, interessante Herausforderungen anzugehen.	1	2	3	4	5	6	7
... weil es mir Freude bereitet, wenn ich erfolgreich schwierige Aufgaben erledige.	1	2	3	4	5	6	7
Ich habe schon mal jemanden ausgenutzt oder übers Ohr gehauen.	1	2	3	4	5	6	7
Wenn ich etwas versprochen habe, halte ich es ohne Wenn und Aber.	1	2	3	4	5	6	7
Manchmal helfe ich nur, weil ich eine Gegenleistung erwarte.	1	2	3	4	5	6	7
Im Straßenverkehr nehme ich stets Rücksicht auf die anderen Verkehrsteilnehmer.	1	2	3	4	5	6	7
Ich bleibe immer freundlich und zuvorkommend anderen Leuten gegenüber, auch wenn ich selbst gestresst bin.	1	2	3	4	5	6	7
Ich habe schon einmal geliehene Sachen nicht zurückgegeben.	1	2	3	4	5	6	7

**Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!**

### 6.3 Anhang C

#### *Voraussetzungen der Analysen*

##### *Regressionsanalysen*

Die Voraussetzungen der Regressionsanalyse wurden hinsichtlich Skalierung, Multikollinearität, Kollinearitätsdiagnose, Normalverteilung der Residuen, Homoskedastizität der Residuen und Fehlerkorrelationen der Prädiktoren sowie der Berücksichtigung weiterer wichtiger Drittvariablen bei der Analyse überprüft. Dabei kann nicht jede Voraussetzung durch Analysen mit dem verwendeten Statistikprogramm überprüft werden (Field, 2009). Stattdessen wurden auch auf Grundlage von Diagrammen Einschätzungen zur Erfüllung der Voraussetzungen vorgenommen. Tabelle 19 gibt eine Übersicht über die verwendeten Methoden zur Prüfung der Voraussetzungen zur Durchführung der Regressionsanalyse.

Tabelle 19

#### *Überprüfte Voraussetzungen zur Durchführung von Regressionsanalysen*

Voraussetzung	Methode
Skalierung	Skalierung entspricht den Vorgaben zur Durchführung einer Regression
Multikollinearität	Korrelation der Prädiktoren nicht sehr hoch
Kollinearitätsdiagnose	Toleranz > .1 VIF < 10 Konditionsindex < 30
Residuen	Diagramm z-standardisierter Residuen (Diagramm mit den z-standardisierten Residuen auf der x-Achse und der Häufigkeit auf der y-Achse zeigt eine annähernde Normalverteilungskurve)
Homoskedastizität der Residuen	Streudiagramm
voneinander unabhängige Fehler	Durbin-Watson annähernd 2
Drittvariablen	alle wichtige Variablen laut Modell berücksichtigt

*Varianzanalysen*

Die Voraussetzungen der Varianzanalysen wurden hinsichtlich der in Tabelle 20 aufgeführten Methoden überprüft. Die Durchführung der Analysen ist nach Überprüfung der Voraussetzungen möglich.

Tabelle 20  
*Überprüfte Voraussetzungen für die Varianzanalysen*

Analyse	Voraussetzung	Verfahren
ANOVA	Homoskedastizität / Gleichheit der Varianzen	Levene-Test
	Normalverteilung innerhalb der Gruppen	Shapiro-Wilk / Kolmogorov-Smirnov (alternativ: Histogramm, P-P-Diagramm; Schiefe & Kurtosis)
	Skalierung der abhängigen Variable	mindestens intervallskalierte Daten
	Unabhängigkeit der Beobachtungen	sichergestellt über die Methodik
ANCOVA	Voraussetzungen der ANOVA	s. o.
	Unabhängigkeit von Kovariate und UV	Randomisierung der Versuchspersonen
	Homogenität der Regressionsgeraden	Interaktion von Kovariate und UV
MANOVA	Voraussetzungen ANOVA	s. o.
	multivariate Normalverteilung	Test der univariaten Normalverteilung jeder Variable
	Homogenität der Kovarianzmatrizen	Box-Test
	Multikollinearität	Korrelation
Messwiederholung	Spherizität	Mauchly-Test, ggf. Korrektur über Greenhouse-Geisser oder Huynh-Feldt

ANHANG

Die in Tabelle 21 berichteten Unterschiede hinsichtlich der weniger praxisnahen Stichprobe der Studie 1 (Studie 1: MB) und der praxisnahen Stichprobe der Studie 2 (Studie 2: MÜ) verdeutlichen die unterschiedlichen Ausprägungen der Untersuchungsvariablen in verschiedenen Populationen.

Tabelle 21

*Voraussetzungen der Normalverteilung: Unterschiede zwischen den Stichproben*

Skala		Kolmogorov-Smirnov		
		Statistik	df	p
Nutzen	Studie 1: MB	.182	84	.000
	Studie 2: MÜ	.105	127	.002
Aufwand	Studie 1: MB	.168	82	.000
	Studie 2: MÜ	.139	128	.000
Sozialer Einfluss	Studie 1: MB	.142	83	.000
	Studie 2: MÜ	.170	126	.000
Begleitumstände	Studie 1: MB	.148	82	.000
	Studie 2: MÜ	.161	127	.000
Vertrauen	Studie 1: MB	.169	82	.000
	Studie 2: MÜ	.147	128	.000
Nutzungsintention	Studie 1: MB	.126	83	.002
	Studie 2: MÜ	.122	128	.000
Reaktanz	Studie 1: MB	.153	84	.000
	Studie 2: MÜ	.111	128	.001
Einstellung	Studie 1: MB	.196	84	.000
	Studie 2: MÜ	.168	120	.000
Geschlechtsrolle männlich positiv	Studie 1: MB	.115	87	.007
	Studie 2: MÜ	.138	128	.000
Geschlechtsrolle männlich negativ	Studie 1: MB	.122	85	.003
	Studie 2: MÜ	.155	128	.000
Geschlechtsrolle weiblich positiv	Studie 1: MB	.127	87	.001
	Studie 2: MÜ	.092	128	.010
Geschlechtsrolle weiblich negativ	Studie 1: MB	.094	86	.059
	Studie 2: MÜ	.086	128	.021
Arbeitszufriedenheit	Studie 1: MB	.103	88	.023
	Studie 2: MÜ	.122	124	.000
Technikaffinität (Begeisterung)	Studie 1: MB	.121	88	.003
	Studie 2: MÜ	.088	127	.017
Technikaffinität (Kompetenz)	Studie 1: MB	.133	87	.001
	Studie 2: MÜ	.102	127	.003
Commitment	Studie 1: MB	.098	85	.041
	Studie 2: MÜ	.071	126	.193
Arbeitsmotivation	Studie 1: MB	.089	84	.093
	Studie 2: MÜ	.119	125	.000
Soziale Erwünschtheit	Studie 1: MB	.098	82	.051
	Studie 2: MÜ	.109	125	.001

## **6.4 Anhang D**

### *Fragebogen zur Erhebung der Studie 2 (MÜ) und 3 (FL)*

#### **Instruktion**

Vielen Dank, dass Sie an diesem kurzen Fragebogen teilnehmen. Mit dessen Hilfe und Ihrer Mitwirkung untersuche ich im Rahmen meiner Doktorarbeit die Auswirkungen der Mensch-Roboter-Kooperation auf den Menschen. Er dauert ca. 15 Minuten.

Im Folgenden finden Sie den Fragebogen. Dieser bezieht sich auf Sie und Ihre Einstellungen. Kreuzen Sie dafür das entsprechende Feld an. Bitte lassen Sie keine Frage aus! Sollten Ihnen einige Fragen schwer zu beantworten erscheinen, dann beantworten Sie diese bitte so wie es für Sie am ehesten zutrifft. Eine gesonderte Auswertung einzelner Fragebögen erfolgt nicht.

Die Daten werden nur zu wissenschaftlichen Zwecken im Rahmen meiner Doktorarbeit verwendet. Weder Ihr Arbeitgeber noch einzelne Ihrer Kollegen oder Vorgesetzten bekommen Einblick in die Daten. Man wird auch keine Rückschlüsse auf einzelne Personen ziehen.

ANHANG

Bitte schätzen Sie auf einer 5-stufigen Skala ein in wie weit diese Aussagen auf Sie zutreffen.					
1. Wie bewerten Sie diese Fragen zur Arbeit im Allgemeinen?					
	<i>Stimme voll und ganz zu</i>			<i>Stimme gar nicht zu.</i>	
	1	2	3	4	5
Ich habe große Freude an meiner Arbeit.	1	2	3	4	5
Ich mag meine Arbeit lieber als der Durchschnitt.	1	2	3	4	5
Ich bin meistens begeistert von meiner Arbeit.	1	2	3	4	5
Ich bin relativ zufrieden mit meiner Arbeit.	1	2	3	4	5
Insgesamt gesehen werden sich meine physischen Arbeitsbedingungen verschlechtern.	1	2	3	4	5
Ich erwarte nachteilige Veränderungen in meinem Job.	1	2	3	4	5
Ich erwarte weniger Ressourcen zu haben, um die Leistungserwartungen meines Jobs zu erfüllen.	1	2	3	4	5
Mein Gehalt wird sich voraussichtlich verringern.	1	2	3	4	5
Ich werde wahrscheinlich Bestandteile meines Jobs verlieren, die ich am meisten schätze.	1	2	3	4	5
Ich wünschte, mein Job könnte wieder so werden wie er einmal war.	1	2	3	4	5
2. Wie bewerten Sie diese Aussagen zur Technik im Allgemeinen?					
Ich informiere mich über elektronische Geräte, auch wenn ich keine Kaufabsicht habe.	1	2	3	4	5
Ich liebe es, neue elektronische Geräte zu besitzen.	1	2	3	4	5
Ich bin begeistert, wenn ein neues elektronisches Gerät auf den Markt kommt.	1	2	3	4	5
Ich gehe gern in den Fachhandel für elektronische Geräte.	1	2	3	4	5
Es macht mir Spaß, ein elektronisches Gerät auszuprobieren.	1	2	3	4	5
Ich kenne die meisten Funktionen der elektronischen Geräte, die ich besitze.	1	2	3	4	5
Ich habe bzw. hätte Verständnisprobleme beim Lesen von Elektronik- und Computerzeitschriften.	1	2	3	4	5
Es fällt mir leicht, die Bedienung eines elektronischen Geräts zu lernen.	1	2	3	4	5
Ich kenne mich im Bereich elektronischer Geräte aus.	1	2	3	4	5
3. Wie bewerten Sie diese Aussagen zur Montagearbeit?					
Es spielt keine Rolle, ob im Takt vor / nach mir ein Roboter oder ein Mensch arbeitet.	1	2	3	4	5
Die Montagearbeit wird von Robotern / Maschinen und Menschen gemeinsam gut erledigt.	1	2	3	4	5
Die Einführung neuer Roboter in die Montage ist gut.	1	2	3	4	5
Ich fühle mich über die Roboter in der Montage gut informiert.	1	2	3	4	5
Menschen arbeiten mindestens so gut wie Roboter oder besser.	1	2	3	4	5

ANHANG

4. Der UR-10 (Bild oben) wird im Werk installiert. Er unterstützt die Mitarbeiter beim Scheibekleben und übernimmt den Kleberauftrag. Bitte stellen Sie sich die Arbeit mit dem Roboter vor. Wie bewerten Sie die folgenden Aussagen?					
	<i>Stimme voll und ganz zu.</i>			<i>Stimme gar nicht zu.</i>	
Ich würde den UR-10 immer dann nutzen, wenn er genutzt werden sollte.	1	2	3	4	5
Mit dem UR-10 könnte ich schneller arbeiten.	1	2	3	4	5
Der UR-10 würde meine Arbeit vereinfachen.	1	2	3	4	5
Mit dem UR-10 könnte ich meine Arbeitsleistung steigern.	1	2	3	4	5
Ich würde es einfach finden, den neuen UR-10 zu bedienen, um den Kleberauftrag durchführen zu lassen.	1	2	3	4	5
Zu erlernen, wie man den UR-10 benutzt, um den Kleberauftrag durchführen zu lassen, würde mir leicht fallen.	1	2	3	4	5
Es würde mir leicht fallen, sicher mit dem UR-10 umzugehen, um den Kleberauftrag durchzuführen.	1	2	3	4	5
Ich denke, dass meine Kollegen es mögen, wenn ich den UR-10 benutze, anstatt den Kleberauftrag per Hand zu erledigen.	1	2	3	4	5
Ich bin der Meinung, es würde einen guten Eindruck machen, wenn ich den UR-10 benutzen würde.	1	2	3	4	5
Ich habe alle Voraussetzungen, um den UR-10 zu benutzen.	1	2	3	4	5
Man wird mir genug über den UR-10 erklären, um ihn sinnvoll nutzen zu können.	1	2	3	4	5
Ich würde dem UR-10 vertrauen, wenn er mir eine Anweisung gibt.	1	2	3	4	5
Ich würde die Anweisung, die mir der UR-10 gegeben hat, befolgen.	1	2	3	4	5
Ich würde den UR-10 sofort nutzen.	1	2	3	4	5
Ich bin sicher, mich mit dem UR-10 während der ersten Tage auch zu beschäftigen.	1	2	3	4	5
Ich nehme mir vor den UR-10 während der ersten Tage kennen zu lernen.	1	2	3	4	5
Wenn ich den UR-10 benutzen müsste, hätte ich Angst, ihn falsch zu bedienen.	1	2	3	4	5
Wenn ich den UR-10 benutzen müsste, hätte ich Angst, ihn zu beschädigen.	1	2	3	4	5
Ich finde den UR-10 beängstigend.	1	2	3	4	5
Ich finde den UR-10 einschüchternd.	1	2	3	4	5
Alles in allem ist die Nutzung des UR-10 ...					
eine schlechte Idee..... eine gute Idee					
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
ein unkluger Schritt ...ein weiser Schritt					
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
negativ ..... positiv					
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					

ANHANG

5. Fragen zu Ihrer Person

Alter: \_\_\_\_\_

Geschlecht: weiblich

männlich

Erfahrung: Wie lange arbeiten Sie schon für Ihren Arbeitgeber? \_\_\_\_\_ Jahre \_\_\_\_\_ Monate

Ihre Aufgabe besteht darin, sich hinsichtlich jeder Eigenschaft selbst einzuschätzen, d. h. inwieweit sie ein Teil Ihrer Persönlichkeit ist. So könnte die Eigenschaft *fröhlich* zum Beispiel auch als folgende Frage formuliert sein: Halten Sie sich für einen *fröhlichen* Menschen?

	<i>Stimme voll und ganz zu.</i>					<i>Stimme gar nicht zu.</i>	
	1	2	3	4	5	6	7
logisch	1	2	3	4	5	6	7
rational	1	2	3	4	5	6	7
sachlich	1	2	3	4	5	6	7
lösungsorientiert	1	2	3	4	5	6	7
analytisch	1	2	3	4	5	6	7
praktisch	1	2	3	4	5	6	7
überheblich	1	2	3	4	5	6	7
angeberisch	1	2	3	4	5	6	7
rücksichtslos	1	2	3	4	5	6	7
machtbesessen	1	2	3	4	5	6	7
prahlerisch	1	2	3	4	5	6	7
schroff	1	2	3	4	5	6	7
einfühlsam	1	2	3	4	5	6	7
gefühlvoll	1	2	3	4	5	6	7
zärtlich	1	2	3	4	5	6	7
emotional	1	2	3	4	5	6	7
leidenschaftlich	1	2	3	4	5	6	7
liebepoll	1	2	3	4	5	6	7
orientierungslos	1	2	3	4	5	6	7
naiv	1	2	3	4	5	6	7
überevorsichtig	1	2	3	4	5	6	7
überempfindlich	1	2	3	4	5	6	7
ängstlich	1	2	3	4	5	6	7
selbstzweifelnd	1	2	3	4	5	6	7

ANHANG

6. Bei den folgenden Fragen geht es darum, wie sehr Sie sich mit Ihrem Arbeitgeber verbunden fühlen.							
	<i>Stimme voll und ganz zu..</i>				<i>Stimme gar nicht zu.</i>		
Ich wäre sehr froh, mein weiteres Berufsleben bei ■■■■■ verbringen zu können.	1	2	3	4	5	6	7
Ich unterhalte mich gerne auch mit Leuten über ■■■■■, die hier nicht arbeiten.	1	2	3	4	5	6	7
Probleme von ■■■■■ beschäftigen mich häufig so, als seien sie meine eigenen.	1	2	3	4	5	6	7
Ich glaube, ich könnte mich leicht mit einem anderen Arbeitgeber so stark verbunden fühlen wie mit ■■■■■.	1	2	3	4	5	6	7
Ich empfinde mich nicht als «Teil der Familie» bei ■■■■■.	1	2	3	4	5	6	7
Ich fühle mich emotional nicht sonderlich mit ■■■■■ verbunden.	1	2	3	4	5	6	7
■■■■■ hat eine große persönliche Bedeutung für mich.	1	2	3	4	5	6	7
Ich empfinde kein starkes Gefühl der Zugehörigkeit zu ■■■■■.	1	2	3	4	5	6	7
Die Arbeitsaufgaben allein wecken in mir den Antrieb auf Arbeit zu gehen.	1	2	3	4	5	6	7
Die Arbeit, die ich erledige, ist angenehm.	1	2	3	4	5	6	7
Meine Arbeit ist wichtig.	1	2	3	4	5	6	7
Mein Job ist sehr aufregend.	1	2	3	4	5	6	7
Ich bin motiviert, weil mein Job so interessant ist.	1	2	3	4	5	6	7
Manchmal ist meine Arbeit so mitreißend, dass ich alles um mich herum vergesse.	1	2	3	4	5	6	7
Warum arbeiten Sie hier? Ich arbeite hier, ...							
... weil es mir Spaß macht, Neues zu erleben.	1	2	3	4	5	6	7
... weil es mir Freude bereitet, interessante Herausforderungen anzugehen.	1	2	3	4	5	6	7
... weil es mir Freude bereitet, wenn ich erfolgreich schwierige Aufgaben erledige.	1	2	3	4	5	6	7
Ich habe schon mal jemanden ausgenutzt oder übers Ohr gehauen.	1	2	3	4	5	6	7
Wenn ich etwas versprochen habe, halte ich es ohne Wenn und Aber.	1	2	3	4	5	6	7
Manchmal helfe ich nur, weil ich eine Gegenleistung erwarte.	1	2	3	4	5	6	7
Im Straßenverkehr nehme ich stets Rücksicht auf die anderen Verkehrsteilnehmer.	1	2	3	4	5	6	7
Ich bleibe immer freundlich und zuvorkommend anderen Leuten gegenüber, auch wenn ich selbst gestresst bin.	1	2	3	4	5	6	7
Ich habe schon einmal geliehene Sachen nicht zurückgegeben.	1	2	3	4	5	6	7

**Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!**

**6.5 Anhang E**

*Interviewleitfaden zur Pilotstudie (EI)*

Interviewleitfaden

Ausgangslage für Interview:

- Roboter ist entwickelt und als Testaufbau beim Scheibenkleben
- Akzeptanz ist gut, aber die der Experten im Prozess deutlich höher als die von Laien
- Ziel: Erfragung der Gründe für die hohe Akzeptanz bei Experten

Themenkomplex	Fragen	Antwortskala
UTAUT	<p>Nutzen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mit dem UR-10 kann schneller gearbeitet werden.</li> <li>▪ Der UR-10 vereinfacht die Arbeit.</li> <li>▪ Der UR-10 steigert die Arbeitsleistung des Anwenders.</li> <li>▪ Die Nützlichkeit ist wichtig.</li> </ul>	<p>1 Stimme voll und ganz zu. 2 Stimme zu. 3 Weiß ich nicht. 4 Lehne ab. 5 Lehne stark ab.</p>
	<p>Aufwand</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Der UR-10 ist einfach zu bedienen.</li> <li>▪ Der Umgang mit dem UR-10 ist einfach zu erlernen.</li> <li>▪ Man kann den Ur-10 leicht handhaben.</li> <li>▪ Der eigene Aufwand ist wichtig.</li> </ul>	
	<p>Sozialer Einfluss</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Der Umgang mit dem UR-10 wird von meinen Kollegen gern gesehen.</li> <li>▪ Es macht einen guten Eindruck den UR-10 zu nutzen.</li> <li>▪ Die Meinung der Kollegen ist wichtig.</li> </ul>	
	<p>Begleitumstände</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Es werden alle Voraussetzungen geschaffen, um den UR-10 zu nutzen. / Was ist für die Umsetzung getan worden? Was fehlt noch?</li> <li>▪ Die Handhabung wird erklärt, sodass der UR-10 problemlos genutzt werden kann.</li> <li>▪ Die Begleitumstände sind wichtig.</li> </ul>	
	<p>Nutzungsintention</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ich habe gleich mit dem UR-10 gearbeitet.</li> <li>▪ Ich habe mich gleich mit dem UR-10 beschäftigt.</li> <li>▪ Ich wollte den UR-10 gleich kennen lernen.</li> </ul>	
	<p>Nutzung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Möchten Sie gern in Zukunft mit dem UR-10 arbeiten?</li> <li>▪ Haben Sie mit dem UR-10 schon gearbeitet?</li> </ul>	



## 6.6 Anhang F

*Informationskonzept: allgemeine Informationen anhand der UTAUT-Variablen*

Allgemein: Vorteile für Zielgruppe anhand der Modellvariablen aufzeigen

- ergonomische Verbesserung
- Übernahme anspruchsvoller / fehleranfälliger Arbeit

Nutzen

- Arbeitstakt wird erleichtert durch die Ausführung kleiner Arbeitspakete durch den Roboter
- Erhöhung der Ergonomie durch Übernahme körperlich belastender Arbeitsinhalte → Gesundheitsförderung
- Übernahme fehleranfälliger Arbeitspakete → Fehlerreduktion

Erwarteter Aufwand

- Roboter ist für die Aufgabe fertig programmiert
- Er „nimmt Rücksicht“ auf den Kollegen neben ihm, stoppt notfalls seine Aufgabe und beginnt dann selbständig wieder
- Einfache Auswahl zu erledigender Aufgabe durch Programmwahl via Touchscreen
- Roboter kann durch Bewegungsführung einfach „geteacht“ werden. → Neuprogrammierung

Begleitumstände

- Meister / Vorarbeiter hat alle Informationen zu dem Gerät → kennen Gerät und haben einen Plan B, wenn man das Gerät nicht nutzen kann
- Informationszettel im Meisterbüro
- Der Roboter kann selbständig „gewartet“ werden (Nachfüllen des Klebers / der Stopfen)

Sozialer Einfluss

- Innovative Unterstützung, für die Serienproduktion
- Einige Bereiche haben höhere Anforderungen an Ergonomie und Arbeitsausführung → Mitarbeitende bei anspruchsvoller Arbeit unterstützen → Einsatz des Roboters, wo es sinnvoll ist
- Kollegen aus den Pilotanwendungsfällen finden Roboter gut, man kann die gleiche Arbeit einfacher erledigen
- Meister wollen das System, weil es Fehler reduziert

- Positive Erfahrungen aus anderen Bereichen

#### Vertrauen

- Es gibt Pilotstudien:
  - Roboter funktioniert problemlos
  - Der Roboter ist sicher
- Wir werden damit nicht schneller, aber fehlerfreier und ergonomischer arbeiten
- Die Zeit der Arbeitsaufgabe, die der Roboter erfüllt, wird mit der Wartung des Roboters gefüllt → keine Akkordarbeit
- Wir haben alle Stakeholder informiert und deren Meinungen berücksichtigt

## 6.7 Anhang G

### Fragebogen zur Erhebung der Studie 4 (IK)

#### Fragebogen der Roboterinterventionsgruppe zum Messzeitpunkt 1

#### Instruktion

**Datum:** \_\_\_\_\_ **Schicht:** Früh Spät **TN\_Nr:** \_\_\_\_\_

Vielen Dank, dass Sie an diesem Fragebogen teilnehmen. Mit dessen Hilfe und Ihrer Mitwirkung untersuche ich im Rahmen meiner Doktorarbeit die Eignung von Wearable Devices (am Körper getragene Anzeigegeräte) und kooperativen Robotern (Roboter, die mit Mitarbeitern am selben Arbeitsplatz arbeiten). Dafür bitte ich Sie einen Fragebogen auszufüllen. Der Fragebogen besteht aus zwei kurzen Blöcken (Tag 1: 15 Minuten, Tag 2: 20 Minuten). Dieser bezieht sich auf Sie und Ihre Meinung, es gibt kein Richtig oder Falsch.

Bitte lassen Sie keine Frage aus! Sollten Ihnen einige Fragen schwer zu beantworten erscheinen, dann beantworten Sie diese bitte so wie es für Sie am ehesten zutrifft oder fragen Sie nach.

#### Fragen zu Ihrer Person

Alter: \_\_\_\_\_

Geschlecht: weiblich   männlich

Wo werden Sie arbeiten?

Wie lange arbeiten Sie schon für Ihren Arbeitgeber? \_\_\_\_\_ Jahre \_\_\_\_\_ Monate

Beruflicher Hintergrund Handwerk: Ja   Nein

Wie viel Erfahrung haben Sie mit Montagetätigkeiten? keine      sehr viel

Haben Sie Erfahrungen mit Wearable Devices (z.B. Smartwatch, Datenbrille)? keine      sehr viel

Haben Sie Erfahrungen Industrierobotern? keine      sehr viel

Nun folgen einige Fragen zu Wearable Devices. Diese am Körper getragenen Anzeigegeräte (z.B. Datenbrille, Smartwatch) ermöglichen arbeitsrelevante Informationen „am Mann“ zu haben, während die Hände zum Arbeiten frei bleiben. Durch die Anzeige von Montageanleitungen kann das Anlernen unterstützt werden. Auch können die Geräte eingesetzt werden um auf Sonderausstattungen und andere Besonderheiten im Prozess hinzuweisen.

ANHANG

Wearable Devices könnten an Ihrem Arbeitsplatz eingesetzt werden. Sie unterstützen Sie, indem sie Verbauminformationen bereitstellen und auf Sonderausstattungen hinweisen. Bitte stellen Sie sich die Arbeit mit Wearable Devices vor. Wie bewerten Sie die folgenden Aussagen?					
	<i>Stimme voll und ganz zu</i>		<i>Stimme gar nicht zu.</i>		
Ich würde ein Wearable Device immer dann nutzen, wenn es genutzt werden sollte.	1	2	3	4	5
Mit einem Wearable Device könnte ich schneller arbeiten.	1	2	3	4	5
Ein Wearable Device würde meine Arbeit vereinfachen.	1	2	3	4	5
Mit einem Wearable Device könnte ich meine Arbeitsleistung steigern.	1	2	3	4	5
Ich würde es einfach finden, ein Wearable Device zu bedienen.	1	2	3	4	5
Zu erlernen, wie man Wearable Device benutzt, würde mir leicht fallen.	1	2	3	4	5
Es würde mir leicht fallen, sicher mit den Wearable Devices umzugehen.	1	2	3	4	5
Ich denke, dass meine Kollegen es mögen, wenn ich ein Wearable Device benutze, um Verbaufehler zu vermeiden.	1	2	3	4	5
Ich bin der Meinung, es würde einen guten Eindruck machen, wenn ich ein Wearable Device benutzen würde.	1	2	3	4	5
Ich habe alle Voraussetzungen, um ein Wearable Device zu benutzen.	1	2	3	4	5
Man wird mir genug über Wearable Devices erklären, um sie sinnvoll nutzen zu können.	1	2	3	4	5
Ich würde Wearable Devices vertrauen, wenn sie mir Anweisungen geben.	1	2	3	4	5
Ich würde die Anweisung, die mir Wearable Devices gegeben haben, befolgen.	1	2	3	4	5
Ich würde Wearable Devices sofort nutzen.	1	2	3	4	5
Ich bin sicher, mich während der ersten Tage auch mit Wearable Devices zu beschäftigen.	1	2	3	4	5
Ich nehme mir vor, Wearable Devices während der ersten Tage kennen zu lernen.	1	2	3	4	5
Wenn ich ein Wearable Device benutzen müsste, hätte ich Angst, es falsch zu bedienen.	1	2	3	4	5
Wenn ich ein Wearable Device benutzen müsste, hätte ich Angst, es zu beschädigen.	1	2	3	4	5
Ich finde Wearable Devices beängstigend.	1	2	3	4	5
Ich finde Wearable Devices einschüchternd.	1	2	3	4	5
Alles in allem ist die Nutzung eines tragbaren Anzeigegerätes ...					
eine schlechte Idee..... eine gute Idee					
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
ein unkluger Schritt....ein weiser Schritt					
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
negativ..... positiv					
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					

ANHANG

Nun folgen einige Fragen zu einem kooperativen Roboter (UR-10). Anders als Wearable Devices unterstützt er Sie direkt bei der Arbeit, indem er unergonomische oder fehleranfällige Arbeiten (z. B. das Stopfen setzen) für Sie ausführt. Dafür müssen Sie den UR-10 mit Material (neuen Stopfen) befüllen und das richtige Programm für die richtige Karosse auswählen.



Wie bewerten Sie diese Aussagen zur Montagearbeit?							
	<i>Stimme voll und ganz zu.</i>			<i>Stimme gar nicht zu.</i>			
Es spielt keine Rolle, ob im Takt vor / nach mir ein Roboter oder ein Mensch arbeitet.	1	2	3	4	5		
Die Montagearbeit wird von Robotern / Maschinen und Menschen gemeinsam gut erledigt.	1	2	3	4	5		
Die Einführung neuer Technik für die Montage ist gut.	1	2	3	4	5		
Ich fühle mich über Technik in der Montage gut informiert.	1	2	3	4	5		
Menschen arbeiten mindestens so gut wie Roboter oder besser.	1	2	3	4	5		
Ich kann mir vorstellen, wobei mich das Gerät unterstützen kann.	1	2	3	4	5		
Ich kann mir vorstellen, wo das Gerät eingesetzt werden kann.	1	2	3	4	5		
Wie bewerten Sie die folgenden Aussagen?							
	<i>Stimme voll und ganz zu.</i>			<i>Stimme gar nicht zu.</i>			
Ich habe schon mal jemanden ausgenutzt oder übers Ohr gehauen.	1	2	3	4	5	6	7
Wenn ich etwas versprochen habe, halte ich es ohne Wenn und Aber.	1	2	3	4	5	6	7
Manchmal helfe ich nur, weil ich eine Gegenleistung erwarte.	1	2	3	4	5	6	7
Im Straßenverkehr nehme ich stets Rücksicht auf die anderen Verkehrsteilnehmer.	1	2	3	4	5	6	7
Ich bleibe immer freundlich und zuvorkommend anderen Leuten gegenüber, auch wenn ich selbst gestresst bin.	1	2	3	4	5	6	7
Ich habe schon einmal geliehene Sachen nicht zurückgegeben.	1	2	3	4	5	6	7

ANHANG

Der UR-10 (Bild oben) könnte an Ihrem Arbeitsplatz installiert werden. Er unterstützt Sie indem er schwierige oder unergonomische Aufgaben übernimmt (beim Scheibekleben und Stopfen setzen). Bitte stellen Sie sich die Arbeit mit dem Roboter vor. Wie bewerten Sie die folgenden Aussagen?					
	<i>Stimme voll und ganz zu.</i>			<i>Stimme gar nicht zu.</i>	
	1	2	3	4	5
Ich würde den UR-10 immer dann nutzen, wenn er genutzt werden sollte.	1	2	3	4	5
Mit dem UR-10 könnte ich schneller arbeiten.	1	2	3	4	5
Der UR-10 würde meine Arbeit vereinfachen.	1	2	3	4	5
Mit dem UR-10 könnte ich meine Arbeitsleistung steigern.	1	2	3	4	5
Ich würde es einfach finden, den neuen UR-10 zu bedienen, um den Kleberauftrag durchführen zu lassen.	1	2	3	4	5
Zu erlernen, wie man den UR-10 benutzt, um den Kleberauftrag durchführen zu lassen, würde mir leicht fallen.	1	2	3	4	5
Es würde mir leicht fallen, sicher mit dem UR-10 umzugehen, um den Kleberauftrag durchzuführen.	1	2	3	4	5
Ich denke, dass meine Kollegen es mögen, wenn ich den UR-10 benutze, anstatt den Kleberauftrag per Hand zu erledigen.	1	2	3	4	5
Ich bin der Meinung, es würde einen guten Eindruck machen, wenn ich den UR-10 benutzen würde.	1	2	3	4	5
Ich habe alle Voraussetzungen, um den UR-10 zu benutzen.	1	2	3	4	5
Man wird mir genug über den UR-10 erklären, um ihn sinnvoll nutzen zu können.	1	2	3	4	5
Ich würde dem UR-10 vertrauen, wenn er mir eine Anweisung gibt.	1	2	3	4	5
Ich würde die Anweisung, die mir der UR-10 gegeben hat, befolgen.	1	2	3	4	5
Ich würde den UR-10 sofort nutzen.	1	2	3	4	5
Ich bin sicher, mich mit dem UR-10 während der ersten Tage auch zu beschäftigen.	1	2	3	4	5
Ich nehme mir vor den UR-10 während der ersten Tage kennen zu lernen.	1	2	3	4	5
Wenn ich den UR-10 benutzen müsste, hätte ich Angst, ihn falsch zu bedienen.	1	2	3	4	5
Wenn ich den UR-10 benutzen müsste, hätte ich Angst, ihn zu beschädigen.	1	2	3	4	5
Ich finde den UR-10 beängstigend.	1	2	3	4	5
Ich finde den UR-10 einschüchternd.	1	2	3	4	5
Alles in allem ist die Nutzung des UR-10 ...					
eine schlechte Idee..... eine gute Idee					
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
ein unkluger Schritt ...ein weiser Schritt					
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
negativ ..... positiv					
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					

*Fragebogen der Roboterinterventionsgruppe zum Messzeitpunkt 2*

**Instruktion**

**Datum:** \_\_\_\_\_

**Schicht:** Früh Spät

**TN\_Nr:** \_\_\_\_\_

Vielen Dank, dass Sie auch am zweiten Teil des Fragebogens teilnehmen. Wenden Sie sich bei Fragen bitte an die Versuchsleitung.

**- bitte wenden -**

ANHANG

Der UR-10 (Bild oben) könnte an Ihrem Arbeitsplatz installiert werden. Er unterstützt Sie indem er schwierige oder unergonomische Aufgaben übernimmt (beim Scheibekleben und Stopfen setzen). Bitte stellen Sie sich die Arbeit mit dem Roboter vor. Wie bewerten Sie die folgenden Aussagen?					
	<i>Stimme voll und ganz zu.</i>			<i>Stimme gar nicht zu.</i>	
	1	2	3	4	5
Ich würde den UR-10 immer dann nutzen, wenn er genutzt werden sollte.	1	2	3	4	5
Mit dem UR-10 könnte ich schneller arbeiten.	1	2	3	4	5
Der UR-10 würde meine Arbeit vereinfachen.	1	2	3	4	5
Mit dem UR-10 könnte ich meine Arbeitsleistung steigern.	1	2	3	4	5
Ich würde es einfach finden, den neuen UR-10 zu bedienen, um den Kleberauftrag durchführen zu lassen.	1	2	3	4	5
Zu erlernen, wie man den UR-10 benutzt, um den Kleberauftrag durchführen zu lassen, würde mir leicht fallen.	1	2	3	4	5
Es würde mir leicht fallen, sicher mit dem UR-10 umzugehen, um den Kleberauftrag durchzuführen.	1	2	3	4	5
Ich denke, dass meine Kollegen es mögen, wenn ich den UR-10 benutze, anstatt den Kleberauftrag per Hand zu erledigen.	1	2	3	4	5
Ich bin der Meinung, es würde einen guten Eindruck machen, wenn ich den UR-10 benutzen würde.	1	2	3	4	5
Ich habe alle Voraussetzungen, um den UR-10 zu benutzen.	1	2	3	4	5
Man wird mir genug über den UR-10 erklären, um ihn sinnvoll nutzen zu können.	1	2	3	4	5
Ich würde dem UR-10 vertrauen, wenn er mir eine Anweisung gibt.	1	2	3	4	5
Ich würde die Anweisung, die mir der UR-10 gegeben hat, befolgen.	1	2	3	4	5
Ich würde den UR-10 sofort nutzen.	1	2	3	4	5
Ich bin sicher, mich mit dem UR-10 während der ersten Tage auch zu beschäftigen.	1	2	3	4	5
Ich nehme mir vor den UR-10 während der ersten Tage kennen zu lernen.	1	2	3	4	5
Wenn ich den UR-10 benutzen müsste, hätte ich Angst, ihn falsch zu bedienen.	1	2	3	4	5
Wenn ich den UR-10 benutzen müsste, hätte ich Angst, ihn zu beschädigen.	1	2	3	4	5
Ich finde den UR-10 beängstigend.	1	2	3	4	5
Ich finde den UR-10 einschüchternd.	1	2	3	4	5
Alles in allem ist die Nutzung des UR-10 ...					
eine schlechte Idee..... eine gute Idee					
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
ein unkluger Schritt ...ein weiser Schritt					
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
negativ ..... positiv					
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					

**6.8 Anhang H***Arbeitsschritte an der Übungskarosserie im Training*

Die Arbeitsschritte an der Übungskarosserie sind in Tabelle 22 dargestellt.

Tabelle 22

*Arbeitsschritte an der Übungskarosserie im Training*

Nr.	Arbeitsschritt
1	Abstandhalter (Rändelschraube) an Frontklappe einfädeln
2	Montageschutz-Abstandhalter (orange) an der Frontklappe einrasten
3	Montageschoner auf Seitenwand setzen und einrasten
4	Fond-Heizkanal im Fußraum einfädeln
5	Gegenstück des Fond-Heizkanals anstecken
6	Zentralbass einsetzen
7	Stecker für Zentralbass stecken
8	Teppichschoner verlegen (Trittschutz über Zentralbass)
9	Verdeck-Verriegelung mit 3x Linsenkopfschrauben (M6) verschrauben
10	4x Stopfen D-20 im Fußraum setzen
11	Massekämme verschrauben
12	7x Stopfen (D-20) am Seitenschweller verbauen
13	Verdeck-Halteplatte an innerer hinterer Seitenwand anfädeln (2x Sechskantschrauben mit Scheibe M8)
14	Stoßdämpfer im hinteren Radhaus verschrauben (3x Kombi-ASA-Schraube M8)
15	Zwangsentlüftung an hinterer Seitenwand verrasten
16	1x Stopfen (D-12) im Gepäckraum verbauen
17	Stecker an Heckleuchte anstecken
18	Heckleuchten-Kombination am Heck einsetzen und mit 2x Muttern (M6) an Karosserie verschrauben
19	Dämmplatte für Crashelement aufstecken