

## **Transfer der Ergebnisse einer Qualifizierungsmaßnahme zur MRK-Sensibilisierung von Auszubildenden in der Automobilindustrie auf Lehrkräfte der Berufsbildenden Schule**

Stefan BRÄMER<sup>1</sup>, Kathrin DELANG<sup>2</sup>, Felix ERLER<sup>3</sup>, Lars PUßEL<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Professur für Ingenieurpädagogik und Didaktik der technischen Bildung  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Universitätsplatz 2, D-39106 Magdeburg*

<sup>2</sup> *Hilti AG, Feldkircherstrasse 100, FL-9494 Schaan*

<sup>3</sup> *Arbeit und Leben Sachsen e.V., Egelstraße 4, D-04103 Leipzig*

<sup>4</sup> *Berufsschulzentrum des Landkreises Stendal, Schillerstraße 4, D-39576 Stendal*

**Kurzfassung:** Die gegenwärtigen Trends in unserer Gesellschaft haben nicht nur Auswirkungen auf industrielle Produktionsmethoden und Produkte, sondern auch auf die Arbeitswelt und Menschen in ihrem persönlichen Arbeitsalltag. Kennzeichnend für eine künftige Industrieproduktion ist eine hohe Individualisierung von Produkten und einer daraus schlussfolgernden flexiblen Serienproduktion, um die wettbewerbsfähig in einer globalisierten Welt zu sichern. Eine Technologie, die in dieser Zeit in den Vordergrund rückt, ist die Mensch-Roboter-Kollaboration. Sie gilt als eine der Schlüsseltechnologien im Rahmen der Industrie 4.0 und steht für direkte Zusammenarbeit von Menschen und Robotern ohne trennende Schutzeinrichtungen. Mit der Transformation und Einführung der Mensch-Roboter-Kollaboration als neue Arbeitsform in den Produktionsprozess stellt sich die Frage, wie Lehrkräfte der berufsbildenden Schule für die Technologie sensibilisiert werden können. Der vorliegende Beitrag beschreibt erste Ansätze der Überführung einer Qualifizierungsmaßnahme zur MRK-Sensibilisierung von Auszubildenden in der Automobilindustrie auf Lehrkräfte für die gewerblich-technischen Fachrichtungen der Berufsbildenden Schule.

**Schlüsselwörter:** Mensch-Roboter-Kollaboration, MRK, Qualifizierung, Industrie 4.0, Lehrer\*innen-Fortbildung, Robotik

### **1. Einleitung**

Die Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) gilt als eine der Schlüsseltechnologien im Rahmen der Industrie 4.0 und steht für direkte Zusammenarbeit von Menschen und Robotern ohne trennende Schutzeinrichtungen. Bis in die 1990er Jahre hatte sich der Industrieroboter in der Produktion als klassisches Arbeitsmittel verbreitet und wurde damals als eine Revolution im industriellen Zeitalter gesehen. Um das Gefährdungspotenzial der Industrieroboter zu minimieren wird das gesamte Robotersystem in eine Roboterzelle mit einer Umhausung verpackt. Diese Umhausungen sind Schutzzäune, die eine physische Barriere zwischen dem Menschen und Roboter schaffen. Durch die zusätzlichen Sicherheitsmaßnahmen und wechselnde Geometrien der Bauteile verliert der klassische Industrieroboter seine Flexibilität und ist meist nur in der Serienfertigung anzutreffen. Vermehrt werden Automatisierungslösungen benötigt, die anpassungsfähiger an verschiedene Applikationen sind und einen vielfältigen Einsatz erlauben, ohne bei geringfügiger

Änderung in der Anwendung nach einer kompletten Neuentwicklung des Robotersystems zu verlangen. Roboter werden demzufolge eingesetzt, wenn sie Kostenersparnisse gegenüber manueller Tätigkeit erzielen, sowie weniger Ausschuss und Nacharbeit produzieren und dabei geringere Takt- und Umrüstzeiten durch eine flexible Produktion gewährleisten. Eine Technologie, die in dieser Zeit in den Vordergrund rückt, ist die kollaborativen Robotik (Mensch-Roboter-Kollaboration, MRK). Bei kollaborierenden Robotern kommen für die fünf identifizierten Aufgabenarten Informationsaustausch, Präzision, Entlastung, Transport und Manipulation zusätzliche Vorteile einer direkten Interaktion von Bediener\*in und Maschine hinzu. Gleichzeitig besagen die gültigen Arbeitsschutzvorschriften (DIN/EN/ISO 10218-2 2012), dass jegliche mechanische Gefährdung des Menschen, die durch Quetschen, Scheren, Schneiden und Erfassen von Körperteilen erfolgen kann, gilt es durch Vorsehen von Schutzmaßnahmen zu vermeiden. Klassische Schwerlastindustrieroboter werden bisher fast immer mit trennenden Schutzeinrichtungen, u.a. Schutzzäunen umhüllt, um diese Gefährdungen des Menschen auszuschließen. Im Gegensatz dazu steht die Mensch-Roboter-Kollaboration, als eine der Schlüsseltechnologien im Rahmen der Industrie 4.0, für die direkte räumliche und zeitliche Zusammenarbeit von Mensch und Roboter ohne trennende Schutzeinrichtung.

Zusätzlich legen die modernisierten Standardberufsbildpositionen für alle Ausbildungsberufe neue verbindliche Mindestanforderungen für die Bereiche „Organisation des Ausbildungsbetriebes, Berufsbildung sowie Arbeits- und Tarifrecht“, „Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit“, „Umweltschutz und Nachhaltigkeit“ sowie „Digitalisierte Arbeitswelt“ fest (BIBB 2021).

Mit der Transformation und Einführung von MRK als neue Arbeitsform in den Produktionsprozess stellt sich die Frage, wie Lehrkräfte der berufsbildenden Schulen für die Technologie sensibilisiert werden können (Delang et al. 2016). Innerhalb dieser Sensibilisierung gilt es einerseits die Akzeptanz und andererseits die Wahrnehmung der kollaborativen Robotik zu verbessern, da bis vor einigen Jahren die im Industrieprozess eingesetzten Roboter fast ausschließlich autark hinter Sicherheitsschutzzäunen (Zelle) in den Produktionsprozess eingebunden waren (Bauer et al. 2016; Müller et al. 2019b). Für den Bereich der Auszubildenden und damit den betrieblichen Teil der dualen Berufsausbildung existieren bereits Ergebnisse einer entwickelten, erprobten und evaluierten Qualifizierungsmaßnahme für Auszubildende zur kollaborativen Robotik sowie ein betriebliches arbeitsprozessorientiertes Blended Learning Lehr-Lernarrangement für Auszubildende (Brämer et al. 2020; Müller et al. 2019a).

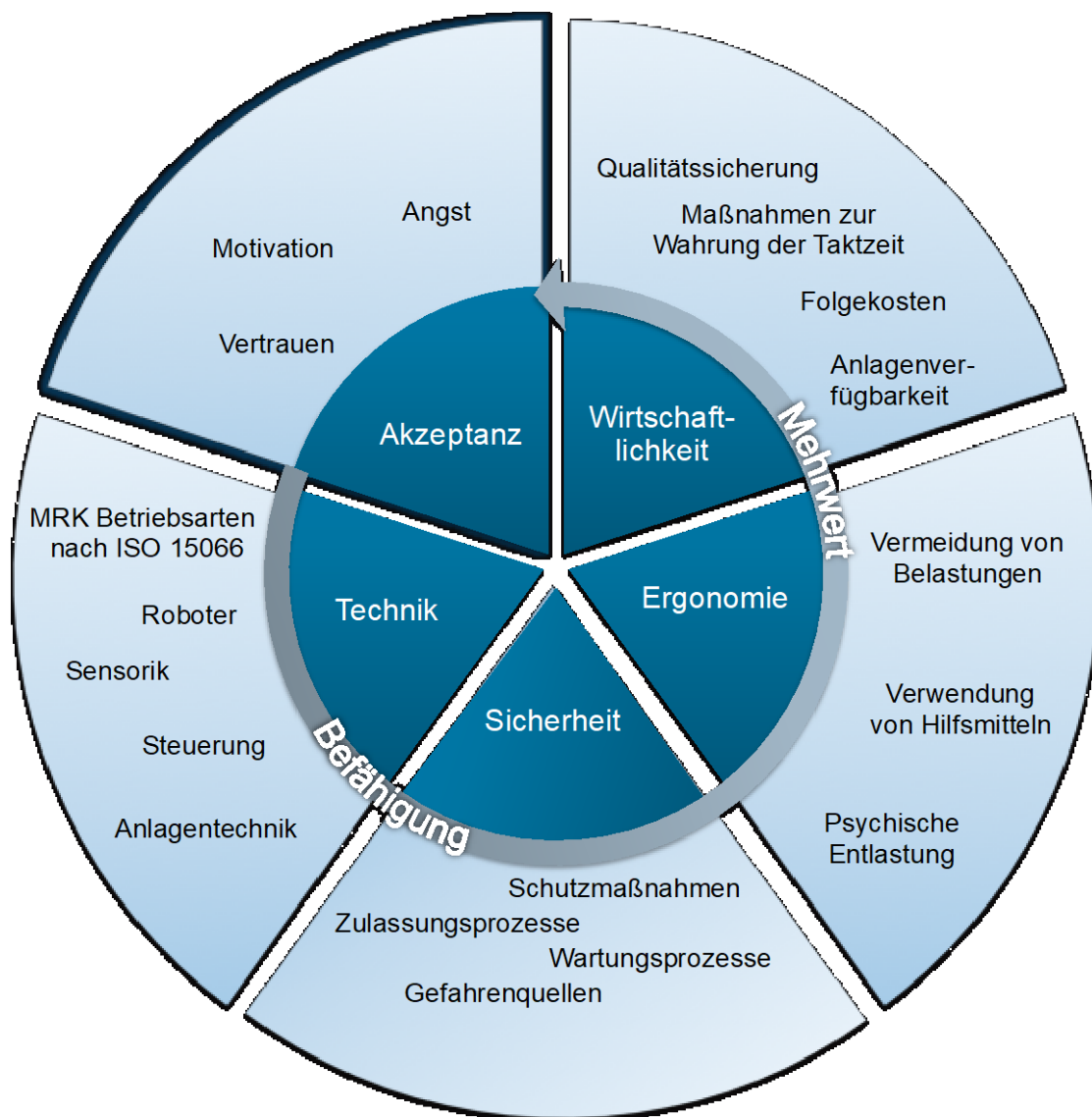
Der vorliegende Beitrag beschreibt erste Ansätze und Ergebnisse der Professur für Ingenieurpädagogik und Didaktik der Technischen Bildung der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg sowie externer Transferpartner\*innen bezüglich der Überführungen der angesprochenen Qualifizierungsmaßnahme zur MRK-Sensibilisierung von Auszubildenden in der Automobilindustrie auf Lehrkräfte für die gewerblich-technischen Fachrichtungen der Berufsbildende Schule.

## **2. Zielstellung, Vorgehen und Umsetzung**

Einerseits gehören MRK-Anwendungen im betrieblichen Teil der dualen Berufsausbildung vor allem in der Automobilindustrie zum festen Bestandteil und die betrieblichen Ausbilder\*innen verfügen über entsprechende Kenntnisse und

Kompetenzen im Umgang und Vermittlung von spezifischen beruflichen Handlungskompetenzen im MRK-Bereich Erler & Brämer 2020. Andererseits hat die MRK-Thematik noch nicht den entsprechenden Einzug in den berufstheoretischen Teil der berufsbildenden Schule erhalten und existieren nur eine wenige entsprechende Sensibilisierungsangebote für die Lehrer\*innen der berufsbildenden Schule (Erler & Brämer 2020).

Ausgehend vom entwickelten Mensch-Roboter-Kollaboration-Kompetenzradar (Müller et al. 2019a, Abbildung 1) sowie einer entwickelten und erprobten Qualifizierungsmaßnahme zur MRK-Sensibilisierung von Auszubildenden in der Automobilindustrie (Müller et al. 2019a, Tabelle 1) erfolgte der Transfer der späteren betrieblichen Anforderungen und der Erkenntnisse aus den betrieblichen Erprobungen auf die Rahmenbedingungen (u.a. technologische Infrastruktur) der berufsbildenden Schule und die Anforderungen sowie Qualitätsstandards an Lehrer\*innen-Fortbildungen. Ziele des Sensibilisierungsangebots für Berufsschullehrer\*innen war es, Bedürfnisse, Lernziele, Module und Methoden vorzustellen, um sie innerhalb bestimmter Lernfelder der dualen Berufsausbildungen mit MRK-Bezug zu unterstützen.



**Abbildung 1:** MRK-Kompetenzradar (Müller et al. 2019)

Anschließend fanden Erprobungen mit insgesamt zehn Berufsschullehrer\*innen an drei berufsbildenden Schulen statt. Die teilnehmenden Berufsschullehrer\*innen kamen aus den gewerblich-technischen beruflichen Fachrichtungen Elektrotechnik und Metalltechnik und unterrichteten in Lernfelder in den entsprechenden adressierten dualen Berufsausbildungen (Tabelle 3).

**Tabelle 2:** Inhalte und modularisierter Aufbau (Müller et al. 2019)

Module	Modell mit niedrigem Einstiegsniveau	Methodisches Vorgehen
<b>Einführung</b>	Begrüßung Kurzvorstellung	Kartenabfrage Steckbrief/Interview
<b>Grundlagen</b>	MRK-Technologie Vor- und Nachteile <i>Zukunftsbedeutung</i>	Fragen-entwickelnde Methode Brainstorming Rollenspiel
<b>Technik</b>	Anlagentechnik <i>Steuerung</i> <i>Wartungsprozesse</i>	Fragen-entwickelnde Methode Planspiel Blitzlicht
<b>Sicherheit</b>	Biomechanik Schutzmaßnahmen	Mind-Map Fragen-entwickelnde Methode
<b>Technologie</b>	Onlinesimulation Bedienungsaufgaben	Simulationsspiel Programmieraufgaben

**Tabelle 3:** Adressierte duale Berufsausbildungen (Auszug) (Erler & Brämer)

Mechatroniker*in	Industriemechaniker*in
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prüfung, Einstellung, Bedienung, Instandhaltung und Programmierung von mechatronischen Systemen innerhalb der Automobilfertigung</li> <li>- Montage und Demontage von Maschinen, Systemen und Anlagen im Bereich der Produktion</li> <li>- Aufbau und Prüfung von elektrischen, pneumatischen und hydraulischen Steuerungen im Automobilfertigungsprozess</li> <li>- Installation von elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen im Bereich der Produktion</li> <li>- Erlernen von Grundlagen der Automatisierungstechnik in der Produktionsorganisation</li> <li>- Einsatz in der automatisierten Fertigung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Techniken des Trennens und Umformens</li> <li>- Maschinelles Spanen mit hoher Maßgenauigkeit</li> <li>- Wartung und Instandsetzung von Geräten/Komponenten innerhalb der Automobilfertigung</li> <li>- Programmierung numerisch gesteuerter Maschinen</li> <li>- Aufbau und Prüfung von elektrischen, hydraulischen und pneumatischen Steuerungen im Automobilfertigungsprozess</li> <li>- Planung und Steuerung von Arbeitsabläufen, Kontrolle und Beurteilung der Arbeitsergebnisse</li> </ul>

Im Rahmen der Erprobungen kam der Knickarmroboter UR3e mit Education Bundle, ein Leichtarmrobotiksystem von Universal Robots, zum Einsatz, welches in allen drei teilnehmenden berufsbildenden Schulen zur Verfügung stand. Es existiert eine hohe Auswahl an Leichtbaurobotern. Für schulische Zwecke und zur Lehre und Anleitung sind Leichtbauroboter ideal. Ihre vergleichsweise geringen Kräfte im Vergleich mit Schwerlastrobotern prädestinieren Sie für einen ersten physischen Kontakt. Die physische Einrichtung ist für das Kennen und Erleben wichtig und Basis für das Verstehen und das Anwenden. Leichtbauroboter sind für die Veranschaulichung von schutzzaunlosen Mensch- Roboter-Interaktionen geeignet (Erler & Brämer 2020). Der UR3e bietet für den Einsatz in der berufsbildenden Schule u.a. folgende Vorteile: Darstellung von Bauteilen, Achsen, Sicherheitsprinzipien, einfache Programmierung. Besonders relevant sind die

softwareseitigen Begrenzungsmöglichkeiten bei Krafteinsatz und Rechtevergabe in der Programmoberfläche. Diese Limitationen sind besonders wichtig, wenn die Lehrer\*innen mit den Schüler\*innen zusammenarbeiten.

Im Anschluss an die MRK-Sensibilisierung fand jeweils ein (Feedback-) Gruppeninterview mit den teilnehmenden Lehrer\*innen statt.

### 3. Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse und die Erfahrungen aus den Erprobungen sowie den (Feedback-) Gruppeninterviews bilden die Voraussetzung für die aktuelle Konzeption und Ableitung einer strukturell zu verankerten Fortbildungsmaßnahmen für Lehrer\*innen. Gleichzeitig gilt es die Erfahrungen in die Lehramtsausbildung zu integrieren, da auch in der Ausbildung der Lehrämter für die gewerblich-technischen Fachrichtungen die MRK-Thematik noch stärkere Berücksichtigung finden muss.

Die größten Herausforderungen stellen nach Aussagen der Lehrer\*innen dabei eine „MRK-taugliche“ Lehr-Lernumgebung sowie entsprechende Lehr-Lernaufgaben dar. Für MRK wird ein entsprechendes Labor benötigt, welches einerseits eine Risikobeurteilung nach EN/ISO 12100 (Ryll 2020b) sowie Maschinenrichtlinie 2006/42/EG sowie ein entsprechendes Sicherheits- und Gesundheitsschutzkonzept (Ryll 2020a) benötigt. Als spezifische Lehr-Lernaufgaben empfehlen sich z.B. die Simulation einer Greifaufgabe oder eines Klebeauftrags (Erler & Brämer 2020), wenn die entsprechenden Endeffektoren vorhanden sind. Für darüber hinaus gehende Anwendungsfälle bieten Müller et al. (2019b) eine Übersicht zu Endeffektoren.

### 4. Literatur

- BIBB, Bundesinstitut für Berufsbildung (2021) Vier sind die Zukunft. Digitalisierung. Nachhaltigkeit. Recht. Sicherheit. Die modernisierten Standardberufsbildpositionen anerkannter Ausbildungsberufe. Bonn.
- Brämer S, Müller L, Delang K, Erler F (2020) Entwicklung, Erprobung und Evaluation einer Qualifizierungsmaßnahme zur MRK-Sensibilisierung von Auszubildenden in der Automobilindustrie. In: GfA, Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg): Digitale Arbeit, digitaler Wandel, digitaler Mensch?. Dortmund: GfA-Press. Beitrag B.14.1.
- Erler F, Brämer S (2020) Erste Schritte zum MRK-Labor an Berufsschulen. AOCD Handreichung. Leipzig.
- Bauer W, Bender M, Braun M, Rally P, Scholtz O (2016) Leichtbauroboter in der manuellen Montage. Einfach Einfach Anfahren. Stuttgart.
- Delang K, Winkler L, Bdiwi M, Breitfeld M, Putz M (2016) Bedarfsgerechte Industrieanwendungen kollaborierender Mensch-Roboter-Systeme in Produktionsprozessen. In: Zweite transdisziplinäre Konferenz zum Thema „Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen“. Hamburg, 163-172.
- DIN/EN/ISO 10218-2 (2012) Industrieroboter – Sicherheitsanforderungen – Teil 2: Robotersysteme und Integration (ISO 10218-2:2011). Berlin.
- Müller L, Delang K, Brämer S, Erler F, Keppler R (2019a) Entwicklung und Erprobung einer Schulung zur MRK-Sensibilisierung von Auszubildenden in der Automobilindustrie. In: lernen & lehren: Elektrotechnik, Informationstechnik, Metalltechnik, Fahrzeugtechnik. Band 34, Heft 136, 4/2019. Wolfenbüttel: Heckner, 170-176.
- Müller R, Franke J, Henrich D, Kuhlenkötter B, Raatz A, Verl A (2019b) Handbuch Mensch-Roboter-Kollaboration. München.
- Ryll, C (2020a) Sicherheitskonzept UR10 in Berufsschule. Interne Projektunterlagen. Leipzig.
- Ryll, C (2020b) Risikobeurteilung UR10 in Berufsschule. Interne Projektunterlagen. Leipzig.



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## Technologie und Bildung in hybriden Arbeitswelten

68. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und  
Fabrikautomatisierung IFF, Magdeburg

02. – 04. März 2022

---

## GfA-Press

---

**Bericht zum 68. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 02. – 04. März 2022**

**Otto-von Guericke-Universität Magdeburg;**

**Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Sankt Augustin: GfA-Press, 2022

ISBN 978-3-936804-31-7

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.) erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Sankt Augustin**

**Schriftleitung: Prof. Dr. Rolf Ellegast**

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

### **Geschäftsstelle der GfA**

Simone John, Tel.: +49 (0)30 1300-13003

Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

[info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de](mailto:info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de) · [www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de](http://www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de)

### **Screen design und Umsetzung**

© 2022 fröse multimedia, Frank Fröse

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