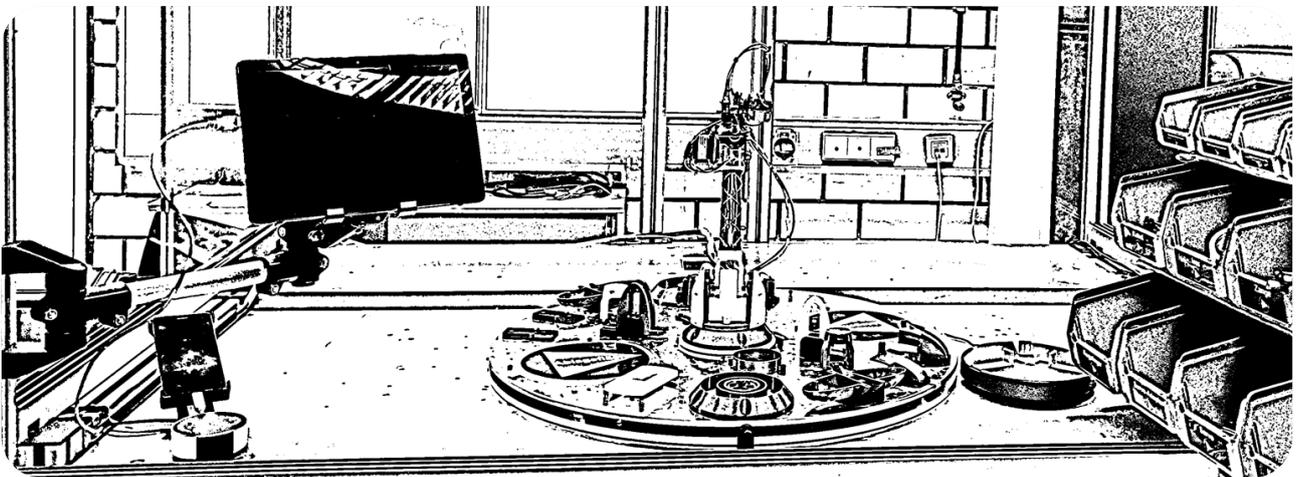


Essay zur Dissertation

»Assistenzsystem für die Kompetenzentwicklung in der Wertschöpfung zur Unterstützung von Montagemitarbeiter*innen unter Berücksichtigung ihres Kompetenzniveaus«



Vorgelegt von

Dr.-Ing. Erwin Groß

Der technologische Wandel der Produktion, gerade durch individuelle und personalisierte Produkte, erfordert neue Kompetenzen der Mitarbeiter*innen, die die Produkte montieren und herstellen. Der Mensch besitzt eine hohe Wandlungsfähigkeit und ist nicht so einfach durch Automatisierung zu ersetzen, da die steigende Variantenzahl in der Montage zu immer komplexere Automatisierungslösungen führen würde. Mit seiner kurzen Reaktionszeit und schnellen Anpassungsfähigkeit an äußere Bedingungen bringt der Mensch entscheidende Voraussetzungen für eine agile Arbeitsweise mit. Allerdings sind die Mitarbeiter*innen in der Montage in der Regel angelernte Arbeitskräfte ohne formal anerkannte, branchenbezogene Berufsausbildung. Dadurch entstehen oft Situationen wie „vergessen“, „vertauscht“ oder „falsch gefügt“. Die mit dem fortschreitenden technologischen Wandel stetig wachsenden Anforderungen an das Montagepersonal erfordern eine Ausweitung seiner Qualifikationen und Kompetenzen zur Bewältigung der alltäglichen Aufgaben. Dies stellt für die Unternehmen ein Problem dar, weil Mitarbeiter*innen aufgrund von **Fluktuation, steigendem Alter, Zeitarbeit sowie häufigeren Produktanläufen und Produktwechseln kontinuierlich qualifiziert** werden müssen. Eine Qualifizierung außerhalb der Wertschöpfung bedeutet aber, dass dem Unternehmen zum Zeitpunkt der Qualifikation die Mitarbeitenden entzogen oder diese vorgehalten werden müssen. Problematisch kann dies gerade für wertschöpfungsprägende Bereiche, wie z. B. die dargestellte Montage, sein. Aufgrund der geforderten Flexibilität in der Montage gewinnen dabei hybride Arbeitsplätze, an denen das Montagepersonal kooperierend mit Robotern zusammenarbeitet, an Bedeutung (Groß et al. 2017). Diese hybriden Arbeitsplätze unterstützen zum einen das Montagepersonal physisch bei körperlichen Tätigkeiten und können zum anderen aufgrund ihrer kooperierenden Auslegung sowie bei richtiger Gestaltung der Interaktionsschnittstellen den Mitarbeiter*innen auch Lerninhalte vermitteln.

Hieraus ergibt sich zusammenfassend die Problemstellung, dass die steigenden Variantenzahlen in der Montage bei gleichzeitig kleiner werdenden Losgrößen zu steigenden Anforderungen an die Kompetenzen der Mitarbeitenden in der Montage führen. Weiterqualifizierungen finden dabei bisher überwiegend außerhalb der Wertschöpfungsprozesse statt und sind ein Lernen auf Vorrat – das neu Erlernte wird meist erst zu einem späteren Zeitpunkt eingesetzt, ist bis dahin oft nicht mehr vollständig präsent, sofern es überhaupt noch vorhanden ist. Eine potentielle Fehleranfälligkeit in der

Montage kann so also nicht vermieden werden. Aufgrund der zunehmenden Bedeutung hybrider Arbeitsplätze in der Montage ergibt sich die Forschungsfrage, wie hybride Montagearbeitsplätze für eine wertschöpfungsintegrierte Kompetenzentwicklung zukünftig zu gestalten sind, damit an diesen während des regulären Arbeitsprozesses auch gelernt werden kann. Als Lösungshypothese wird angenommen, dass eine zielgruppenorientierte und personenzentrierte Kompetenzentwicklung in den Wertschöpfungsprozessen der hybriden Montage durch visuelle, auditive und haptische Interaktionsschnittstellen für die **Ad-hoc-Informationssakquise** erreicht werden kann. Die Zielsetzung der Dissertation ist somit die Entwicklung einer Methodik zur Gestaltung wertschöpfungsintegrierter Kompetenzentwicklung in der hybriden Montage.

Kern dieser Methodik ist die Gestaltung der visuellen, auditiven und haptischen Systeminteraktion und wie über diese die Inhalte personenzentriert dargestellt werden können. Unter der **visuellen** Systeminteraktion wird die bildhafte Aufbereitung und Darstellung der Informationen aus dem Arbeitsplan verstanden und wie die Lerninhalte mit den Tätigkeiten verknüpft werden können. Ziel bei der visuellen Gestaltung ist eine kognitive Entlastung inkl. der Unterstützung von Mitarbeiter*innen mit sprachlichen Defiziten, bei der sich Mitarbeiter*innen nicht ständig neu orientieren müssen. Dies umfasst auch die Systemrückmeldung, sodass für die Bedienenden eine klare und verlässliche Situation entsteht. Die **auditive** Systeminteraktion betrachtet die Gestaltung und Unterstützung der Interaktion mittels Sprache. Sprachanweisungen und Sprachrückmeldungen des Systems können bei Bedarf unterstützend, ergänzend zur oder auch losgelöst von der visuellen Systeminteraktion gestaltet sein. Für eine **natürliche** Interaktion zwischen Mensch und Arbeitssystem müssen Sprachbefehle eine Redundanz aufweisen, ähnliche Sprachbefehle mit gleicher Bedeutung müssen also zum gleichen Ergebnis führen. Eine besondere Bedeutung erfahren Sprachbefehle dabei in der Montage, wenn mittels Sprache Objekte wie z. B. ein Roboter bewegt werden und gleichzeitig die Sicherheit für das Montagepersonal gewährleistet sein muss. Daher muss die phonetische Unterscheidung der Sprachbefehle berücksichtigt werden. Die Bedeutung der phonetischen Unterscheidung nimmt dabei mit der Anzahl der Sprachbefehle zu und muss unbedingt beachtet werden, damit die Sprachbefehle vom System richtig erkannt werden und es zu keinen falschen Ausführungen des Systems kommt, die zu einer Verletzung oder Beschädigung führen. Ein Beispiel für die phonetische Unterscheidung ist

z. B. „Teil kleben“ vs. „Teil anheben“, wohingegen bei „Teil kleben“ vs. „Teil heben“ eine Unterscheidung deutlich schwerer ist. Die **haptische** Systeminteraktion unterstützt die Gestaltung der Bedienoberflächen, z. B. bei einem digitalen Arbeitsplan, aber auch in der hybriden Montage, in der der Roboter Teile zeigen und bringen kann und bei Bedarf bei der Montage assistiert. Eine exakte Trennschärfe zwischen den visuellen und haptischen Interaktionsschnittstellen ist nicht immer möglich, da sie sich teils überschneiden. Für haptische Schnittstellen in der Montage bedeutet dies, dass diese durch ein eindeutiges und unverwechselbares haptisches Design zu gestalten sind, das die Funktion einem Bedienenden direkt und eindeutig darlegt – auch ohne Vorkenntnisse, wie idealerweise bei einem Stellhebel, bei dem ein Bedienender*in die Ausführungsrichtung direkt erkennt. Hieraus ergeben sich Anforderungen an die Gestaltung von Bedienschnittstellen bzgl. der Haptik. Gerade durch die zunehmende Komplexität im Montageumfeld sind daher **intuitive** und **selbsterklärende** Schaltflächen notwendig.

Anhand der entwickelten Methodik wurde ein hybrider Montagearbeitsplatz gestaltet, der eine wertschöpfungsintegrierte Kompetenzentwicklung während des Arbeitsprozesses ermöglicht. Mit Hilfe des entwickelten hybriden Montagearbeitsplatzes konnte so die Wirkweise der Gestaltungsmaßnahmen überprüft werden. Hierzu wurden Versuche zur Kompetenzmessung mit Proband*innen durchgeführt, die das System und dessen Arbeitsinhalte im Vorfeld noch nicht kannten. Abgefragt wurden die Kompetenzkategorien **Fachwissen** als Bestandteil der Fach- und Methodenkompetenz, **Beurteilungsvermögen** und **Folgebewusstsein**, die jeweils in acht Kompetenzindikatoren weiter unterteilt wurden. Bei der Erfassung der Kompetenzen wurde ein Kompetenzpass verwendet, der die zu berücksichtigenden Kompetenzen der Proband*innen in Form einer Selbsteinschätzung vor und nach dem Versucht erfasste. Die Einstufung der Kompetenzen erfolgte dabei nach trifft voll zu (1), trifft überwiegend zu (2), trifft überwiegend nicht zu (3) und trifft nicht zu (4). Vor der Montage ergab die Kompetenzmessung eine durchschnittliche Ausprägung über die drei Teilkompetenzen von 2,59. Dies bedeutet, dass sich die Proband*innen die abgefragten Kompetenzen überwiegend **nicht** zusprachen. Nach der Montage wurde die Kompetenzmessung erneut durchgeführt. Die durchschnittliche Ausprägung über die drei Teilkompetenzen

betrug nun 1,65, was somit der Aussage entspricht, dass sich die Proband*innen die abgefragten Kompetenzen **überwiegend** zusprachen, siehe Abbildung 1.

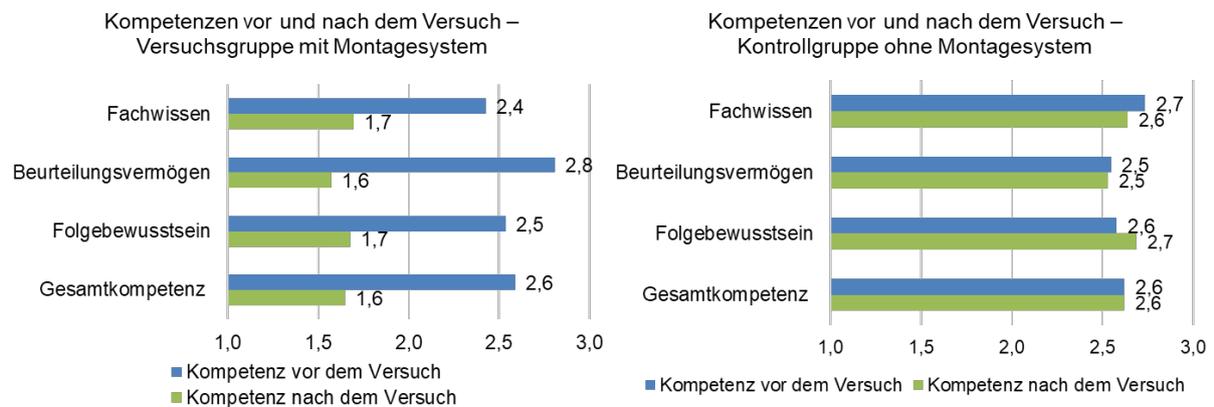


Abbildung 1: Ergebnisse der Kompetenzentwicklung aus den Versuchsgruppen

Die Selbsteinschätzung der Proband*innen beinhaltete auch Fragen zum technischen Verständnis. Ersichtlich wurde, dass die Kompetenzwerte der Proband*innen mit ihrem technischen Verständnis korrelierten. Während Proband*innen mit einem höheren Technikverständnis ($\geq 75\%$) zu Versuchsbeginn in den Kompetenzmessungen einen besseren Wert (2,1) erreichten, erzielte die Gruppe mit geringerem technischen Verständnis ($< 75\%$) einen schlechteren Kompetenzwert zu Versuchsbeginn (3,02). Unabhängig davon verbesserten sich jedoch die Kompetenzen beider Gruppen durch die anschließende lernerzentrierte Interaktion am Montageplatz in vergleichbarem Maß. Die Proband*innen, die sich ein niedrigeres technisches Verständnis zusprachen, erreichten demnach eine vergleichbare Verbesserung der Kompetenz wie die Proband*innen, die sich deutlich besser einschätzten – 1,07 Zähler vs. 0,8 Zähler ($<75\%$ vs. $\geq 75\%$). Insgesamt ließ sich eine Steigerung der Kompetenzwerte in der Gesamtgruppe um durchschnittlich 36% feststellen.

Zur Absicherung der Ergebnisse wurde mit Hilfe einer Vergleichsgruppe die nicht-programmgebundenen Wirkungen überprüft, sodass die erzielten Ergebnisse der ersten Versuchsgruppe auch tatsächlich auf die lernförderliche Gestaltung der Interaktionsschnittstellen zurückzuführen sind. Hierzu wurde die Vergleichsgruppe genauso wie die Versuchsgruppe behandelt, nur mit dem Unterschied, dass die Vergleichsgruppe ausschließlich den Montageprozess – ohne das zu evaluierende Assistenzsystem – durchlief (Kauffeld 2014). Ohne eine Vergleichsgruppe kann eine Vermischung der Interventionswirkung mit der Wirkung anderer auftretender Faktoren

nicht ausgeschlossen werden, dadurch kann die Wirkung fälschlicherweise der Intervention zugeordnet werden (Hager et al. 2000) und zu falschen Schlussfolgerungen des Versuchs führen. Bei der Kompetenzmessung vor der Montage ergab sich bei der Vergleichsgruppe eine durchschnittliche Ausprägung über die drei Teilkompetenzen von 2,62. Diese Ausprägung ist mit der ersten Versuchsgruppe vergleichbar (2,59). Dies bedeutet, dass sich die Proband*innen die abgefragten Kompetenzen überwiegend **nicht** zusprachen. Nach der Montage wurde die Kompetenzmessung ebenfalls erneut durchgeführt. Die durchschnittliche Ausprägung über die drei Teilkompetenzen veränderte sich hierbei nicht, sie blieb über alle drei Teilkompetenzen im Durchschnitt bei 2,62. Somit fand also während der Montagearbeiten keine Kompetenzentwicklung statt. Wird die Entwicklung der Kompetenz in Relation zum technischen Verständnis gesetzt, weisen die Werte der Vergleichsgruppe zunächst eine ähnliche Ausprägung wie die Versuchsgruppe auf. Nach der Montage blieben diese Werte allerdings fast unverändert. Die Proband*innen der Vergleichsgruppe, die sich ein niedrigeres technisches Verständnis zusprachen, verschlechterten sich sogar leicht. Vermutlich resultierte dies daraus, dass die Proband*innen während der Montage weitere Defizite in ihren Kompetenzen erkannten und sich bei der zweiten Bewertung aus diesem Grund leicht schlechter einschätzten. Die erste Versuchsgruppe konnte hier aufgrund des lernförderlichen Assistenzsystems vorhandene Lücken schließen.

Somit konnte bei den Versuchen dargestellt werden, dass die Proband*innen beider Gruppen (Versuchsgruppe und Vergleichsgruppe) innerhalb enger Grenzen eine gute Vergleichbarkeit des technischen Verständnisses aufwiesen – und dies bei vergleichbarer Altersstruktur. Die Versuche umfassten dabei eine Kompetenzmessung vor und nach der Montagetätigkeit mittels Kompetenzpass sowie einen praktischen Test zur zusätzlichen Absicherung der Ergebnisse. Beim Kompetenzpass ist anzumerken, dass dieser auf einer Selbsteinschätzung basiert und somit mit einer gewissen Unschärfe behaftet ist. Der Kompetenzpass ist dennoch eine valide und anerkannte Messmethode und liefert aussagekräftige Ergebnisse. Zudem wurden in einem persönlichen Gespräch die subjektiven Erfahrungen und Eindrücke der Proband*innen zum Montagearbeitsplatz erfasst. Der Versuch dauerte ca. zwei Stunden und wurde mit 17 Proband*innen der Versuchsgruppe durchgeführt. Bei der Vergleichsgruppe waren es acht Proband*innen. Dabei zeichnete sich bereits in der frühen Versuchsphase ein deutlicher Trend bei der

Kompetenzentwicklung der Versuchsteilnehmenden ab, der durch die weiteren Versuche bestätigt wurde. Da alle 17 Ergebnisse der Versuchsgruppe sowie alle acht Ergebnisse der Vergleichsgruppe in die gleiche Richtung tendierten, hätten weitere Versuche keine neuen Erkenntnisse hervorgebracht. Bei den Versuchen konnte aufgezeigt werden, dass durch die Gestaltung eines lernerzentrierten Systems eine Kompetenzentwicklung im Wertschöpfungsprozess möglich und realisierbar ist. Entscheidende Faktoren sind hierbei die Gestaltung der Systeminteraktion sowie die passenden Wissens- und Lerninhalte, die auf die aktuellen Arbeitsinhalte abgestimmt sind und bei Bedarf weiter vertieft werden können. Auch konnten Montageinhalte bei der Versuchsgruppe mit dem Assistenzsystem problemlos übersprungen und nur die für die Aufgabe relevanten Inhalte betrachtet werden. Bei der Auswertung der Ergebnisse aus dem Kompetenzpass der Versuchs- und Vergleichsgruppe ergab sich auch, dass sich die Proband*innen beider Gruppen in der zweiten Messung der Kompetenzausprägung durchschnittlich schlechter einstuften als in der ersten Messung. In der ersten Versuchsgruppe waren dies zwei Fälle (12 %) und in der Vergleichsgruppe ebenfalls zwei Fälle (25 %). Hintergrund dieses Sachverhaltes war, dass die Proband*innen zu Beginn nicht das gesamte Themenfeld erfassten bzw. dieses als deutlich kleiner einordneten. Nach der Montagetätigkeit und den bereitgestellten Inhalten wurde daher die eigene Kompetenz als geringer eingestuft, da der Umfang des jeweiligen Themenfelds nun bekannt war. Dieser Effekt wird in der Literatur auch **Dunning-Kruger-Effekt** genannt (Campbell und Miller 2011). Bei der Vergleichsgruppe liegt dieser Wert prozentual höher, da die Proband*innen nicht die Möglichkeit hatten, die erkannten Lücken durch das System zu schließen. Wohingegen die Versuchsgruppe sich gezielt Inhalte aneignen konnte. Da der Arbeitsplatz mit lernförderlichem Assistenzsystem für eine breite Zielgruppe entwickelt wurde, konnten u. a. durch die detaillierte Darstellung der Inhalte auch unerfahrenere Proband*innen das System bedienen und die Montagetätigkeiten ausführen. Erfahrenere Proband*innen konnten Inhalte überspringen, was diese auch taten. In Summe konnte mittels des Systems eine **Verbesserung der Gesamtkompetenz von über 36 %** erreicht werden. Die **zusätzliche Absicherung** der Ergebnisse durch einen **praktischen Test** hatte sich bewährt und verdeutlichte noch einmal die guten Ergebnisse der Kompetenzentwicklung. So konnten 88 % der Proband*innen der Versuchsgruppe (mit Assistenzsystem) das Gelernte zufriedenstellend anwenden. In der Vergleichsgruppe waren es hingegen nur 37 %.

Kürzer werdende Produktlebenszyklen, die Forderung nach kundenindividuellen Produkten sowie ständig zu aktualisierende Produktangebote verringern die Produktionslaufzeiten der Produkte und führen zu steigenden Anforderungen an die Kompetenzen von Mitarbeitenden. Zudem steigt die Bedeutung der hybriden Montage, in der Menschen und Roboter eng zusammenarbeiten. Weiterqualifizierungen finden überwiegend außerhalb der Wertschöpfungsprozesse statt und sind wie bereits beschrieben, ein Lernen auf Vorrat. Das neu Erlernte wird als erst zu einem späteren Zeitpunkt eingesetzt, sofern es noch vorhanden ist. Die Anforderung aus der Zielsetzung war es »eine Methodik zur Gestaltung wertschöpfungsintegrierter Kompetenzentwicklung in der hybriden Montage« zu entwickeln. Sie konnte erfüllt werden. Die entwickelte Methodik kann auch in bestehende Montageplanungsansätze integriert und zwischen der Planungsphase der Grob- und Feinplanung integriert werden. Der Fokus der Methodik liegt dabei auf der Gestaltung der visuellen, auditiven und haptischen Systeminteraktion zwischen Mensch und Maschine und darauf wie Wissens- und Lerninhalte für eine Kompetenzentwicklung im Wertschöpfungsprozess zu gestalten sind. Für die Validierung der Methodik war der Aufbau eines hybriden Montagearbeitsplatzes notwendig. In einer anschließenden Versuchsreihe konnte die Wirkweise der Methodik validiert werden und es konnte dargestellt werden, dass eine Kompetenzentwicklung im Wertschöpfungsprozess unter der Berücksichtigung der Gestaltungsmaßnahmen und Auslegung der didaktischen Elemente realisiert werden kann. Hierdurch können nun Qualifizierungen wertschöpfungsintegriert und somit direkt am Ort des Geschehens stattfinden. Zudem werden auch ältere Werker*innen entlastet, kognitiv wie auch physisch. Hierdurch können Arbeitskräfte den steigenden Anforderungen der Produktion gerecht werden. Gerade in Hinblick auf personalisierte Produkte mit beliebiger Variantenvielfalt ist eine Unterstützung des Montagepersonals notwendig, damit diese den steigenden Anforderungen standhalten können und das menschliche Arbeitsvermögen weiterhin einen unverzichtbaren Mehrwert in den wertschöpfenden Bereichen, wie z. B. der Montage, darstellt. Denn nur durch das Zusammenbringen der beiden Vorteile des menschlichen Arbeitsvermögens und der Automatisierung können wir in Deutschland Wettbewerbsvorteile sowie unsere Arbeitsplätze in Zukunft weiter sichern.

Literaturverzeichnis

Campbell, W. Keith; Miller, Joshua D. (2011): The handbook of narcissism and narcissistic personality disorder. Theoretical approaches, empirical findings, and treatments. New York: John Wiley & Sons. Online verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10484702>.

Groß, Erwin; Kärcher, Susann; Wilden, Patrick; Siegert, Jörg; Bauernhansl, Thomas (2017): Mensch-Maschine-Interaktion: Chancen & Konflikte. Umfrage zum Thema Chancen und Konflikte der Mensch-Maschine-Interaktion in der Produktion. In: *wt Werkstattstechnik online* 107 (11/12), S. 852–857.

Hager, Willi; Party, Jean L.; Brenzing, Hermann (2000): Evaluation psychologischer Interventionsmaßnahmen. Standards und Kriterien: ein Handbuch. 1. Aufl. Bern: Hans Huber. Online verfügbar unter <https://d-nb.info/958110034/04>.

Kauffeld, Simone (2014): Arbeits-, Organisations- und Personalpsychologie für Bachelor. Arbeits- und Organisationspsychologie kompakt, verständlich, praxisnah. 2., überarb. Aufl. Berlin: Springer (Springer-Lehrbuch).