Daniela Wurhofer, Thomas Meneweger, Verena Fuchsberger, Manfred Tscheligi

WIE ARBEIT IN ZUNEHMEND DIGITALISIERTEN UND VERNETZTEN INDUSTRIEUMGEBUNGEN ERLEBT WIRD

AKTUELLE UND ZUKÜNFTIGE HERAUSFORDERUNGEN FÜR DIE GESTALTUNG VON INDUSTRIELLER ARBEIT

1 EINLEITUNG

Die derzeitigen Entwicklungen im Bereich industrieller Arbeitsumgebungen sind geprägt von zunehmender Digitalisierung (Automatisierung, Vernetzung von Systemen etc.), welche sich fundamental auf die darin arbeitenden Menschen auswirkt. Aufgaben und Routinen verändern sich, und es stellt sich die Frage, welche Rolle(n) Menschen zukünftig einnehmen und wie diese erlebt werden. In diesem Zusammenhang stellt die Erforschung von Nutzungserlebnissen (User-Experience) neuer interaktiver Technologien im industriellen Arbeitskontext einen wichtigen Aspekt dar. Im Rahmen zweier nationaler Forschungsprojekte wurden Interviews mit OperatorInnen sowie mit InstandhalterInnen in drei österreichischen Industrieunternehmen durchgeführt, um die Bandbreite des Erlebens von Technologie und Arbeit in (intelligenten) Industrieumgebungen zu erforschen. Die wesentliche Forschungsfrage dabei war, wie direkt Betroffene die zunehmende Digitalisierung und Automatisierung erleben.

2 HINTERGRUND

Der Forschungsfokus des vorliegenden Beitrages ist der Mensch-Maschine-Interaktion (Human-Computer-Interaction, kurz HCI) zuzurechnen. Dieser Forschungsbereich beschäftigt sich mit dem Erleben, der Verwendung und der Gestaltung von interaktiver Technologie. In diesem Beitrag geht es insbesondere um das Erleben von Industrieumgebungen und die menschzentrierte Gestaltung von Technologien in solchen Umgebungen. Eine wichtige Rolle spielt das Nutzungserlebnis (User-Experience, kurz UX), welches das Erleben der Interaktion mit einer Technologie aus Sicht der Nutzerin oder des Nutzers beschreibt. Das Nutzungserlebnis umfasst durch die Interaktion hervorgerufene sensorische Eindrücke, Emotionen und Reflexionen.

Im Rahmen von zwei nationalen Forschungsprojekten aus den Bereichen der Automobil- und Elektronikindustrie sowie der Logistik konnte das Nutzungserlebnis in intelligenten Industrieumgebungen erforscht werden. Dazu wurden Interviews mit und Beobachtungen von zehn OperatorInnen sowie mit 22 InstandhalterInnen im Feld durchgeführt. Der Fokus dieser Studien

Sozialpolitik in Diskussion, Band 19/2018: Seiten 15–23

lag dabei auf der Interaktion mit konkreten Technologien (Assistenzsysteme, Roboter), die als Trigger für die Beschreibung des aktuellen (Arbeits-)Erlebens sowie für die Beschreibung von vermuteten zukünftigen Entwicklungen und Erwartungen dienten. In Bezug auf das Erleben von OperatorInnen und InstandhalterInnen hinsichtlich der Arbeit in zunehmend digitalisierten und vernetzten industriellen Arbeitsumgebungen wurden dabei folgende Aspekte als relevant identifiziert: Komplexität, Anpassung, Dokumentation, Monotonie, Expertise, Überwachung, Kontrolle, Erreichbarkeit, Fehlerbehebung, Mobilität, Emotionen, Wissensaneignung, Vernetzung, Systemkontrolle (vgl. Wurhofer et al. 2018). Basierend auf diesen Erkenntnissen werden in Kapitel 4 Spannungsfelder der Mensch-Maschine-Interaktion in intelligenten Industrieumgebungen beschrieben.

3 THEORETISCHE ÜBERLEGUNGEN

Unserer Forschung zum Erleben von Industrieumgebungen liegen die im Folgenden beschriebenen theoretischen Pfeiler zugrunde.

3.1 Verschiedenste Stadien technologischer Entwicklungen

Wenn wir von intelligenten Industrieumgebungen sprechen, so sollten diese in einem ständigen Übergang verschiedener technologischer Entwicklungsstufen gesehen werden. Das heißt, es existieren alle möglichen Abstufungen zwischen mechanischen und cyberphysikalischen Systemen. Auch mit zunehmender Automatisierung und Digitalisierung wird die Arbeit im Industriekontext voraussichtlich nicht vollständig automatisiert oder digitalisiert sein. Es ist eher davon auszugehen, dass Mischformen von verschiedenen Stufen von Automatisierung und Digitalisierung zu finden sein werden (vgl. Hirsch-Kreinsen/Hompel 2016).

3.2 Eine vernetzte Perspektive auf Produktion

Um die Rolle des Menschen in Industrieumgebungen verstehen zu können, schlagen wir eine vernetzte Perspektive vor. Wenn es um intelligente Industrieumgebungen geht, wird die menschzentrierte Perspektive oft einer technokratischen Sichtweise entgegengestellt (vgl. Stocker et al. 2014). In Anlehnung an Fuchsberger et al. (2014), die die Akteur-Netzwerk-Theorie auf einen Fabrikskontext angewendet haben, ohne die Technologie oder den Menschen in den Vordergrund zu stellen, betrachten wir Produktionsumgebungen als komplexe und vernetzte Entitäten, bestehend aus Menschen, Maschinen und Produkten bzw. Services, die durch sozioökonomische Dynamiken geprägt sind. Ausgehend von der Forschung im Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion spiegelt eine vernetzte Perspektive die komplexen und vernetzten Abläufe im Fabrikskontext und Praktiken von ArbeiterInnen optimal wider.

3.3 Erlebensbezogene Aspekte von Industrieumgebungen

Unser Forschungsbeitrag fokussiert insbesondere das menschliche Erleben beim Arbeiten in Fabriksumgebungen. Wir postulieren, dass Arbeit sinnstiftend (vgl. Lu/Roto 2015) und angenehm (vgl. Hancock et al. 2013) sowie mit positiven Erlebnissen für die ArbeiterInnen verbun-

Sozialpolitik in Diskussion, Band 19/2018: Seiten 15–23

den sein soll (vgl. Kaasinen et al. 2015). Die Interaktion mit Technologien hat Auswirkungen auf das Erleben von Fabriksarbeit (vgl. Obrist et al. 2011) und sollte daher explizit bei der Erforschung von Industrieumgebungen beachtet werden.

4 SPANNUNGSFELDER DER MENSCH-MASCHINE-INTERAKTION IN DIGITALISIERTEN UND VERNETZTEN INDUSTRIEUMGEBUNGEN

Zunehmende Automatisierung und Digitalisierung wird die Aufgaben in der Fabrik und das damit verbundene Erleben der ArbeiterInnen verändern. Über die Rolle bzw. den Verbleib des Menschen in Fabriken der Zukunft gibt es unterschiedliche Annahmen. Wir gehen davon aus, dass es auch in Zukunft Menschen in der Fabrik brauchen wird. Damit einhergehend, und vor allem mit dem vermehrten Einsatz von komplexen technischen Systemen, sehen wir großes Potenzial für die Forschung zur Verbesserung der Mensch-Maschine-Interaktion aus einer erlebniszentrierten, menschbezogenen Perspektive. Im Folgenden werden vier Spannungsfelder der Mensch-Maschine-Interaktion in intelligenten Fabriken vorgestellt, welche wir in bisherigen Studien in industriellen Arbeitsumgebungen identifizieren konnten. Diese Spannungsfelder sollen derzeitiges und zukünftiges Erleben von Arbeit widerspiegeln und Herausforderungen für die zukünftige Gestaltung von Arbeit im Fabrikskontext verdeutlichen.

4.1 Von Kontrolle bis Kontrolliert-Werden

Das Gefühl der Kontrolle, das heißt der von den ArbeiterInnen wahrgenommene Einfluss auf die Handlungen des Systems (vgl. Wurhofer et al. 2015a), stellt einen wichtigen Aspekt des Arbeitserlebens dar. Erlebnisse in intelligenten Industrieumgebungen erstrecken sich vom Gefühl, Prozesse eines Systems vollständig in der Hand zu haben und lenken zu können, bis hin zum Gefühl, sich den Vorgaben des Systems komplett anpassen zu müssen. Mit anderen Worten: Wir haben auf der einen Seite das Extrem, dass der Mensch dem System Aktionen vorschreibt, und auf der anderen Seite das Extrem, dass das System dem Menschen Handlungen diktiert. Studien zeigen, dass Menschen nach Kontrolle streben. Beispielsweise stellt das Gefühl persönlicher Kontrolle eine Quelle für die Bedeutung von Arbeit dar (vgl. Rosso et al. 2010). Betrachtet man die Mensch-Maschine-Interaktion in der Fabrik, so kann ein Gefühl der Kontrolle relevant dafür sein, negative Aspekte wie Angst oder Unsicherheit in positive Gefühle zu transformieren (vgl. Kaasinen et al. 2015). Bezieht man sich nun auf Fabriken und Interaktionen mit automatisierten Systemen, so zeigen aktuelle Studien die Notwendigkeit, dass sich Menschen an autonome Systeme (z. B. Roboter) anpassen (vgl. Meneweger et al. 2015). So wurde gezeigt, dass OperatorInnen nach der Einführung eines Roboters gezwungen waren, ihre Routinen und Praktiken abhängig vom autonomen System anzupassen. Der Roboter setzte also aktiv Aktionen, auf die die ArbeiterInnen entsprechend (passiv) reagieren mussten. Im Hinblick auf steigende Automatisierung und Digitalisierung betrachten wir den Faktor der erlebten Kontrolle als besonders relevant. Zunehmende Autonomie von Maschinen erfordert zunehmend weniger menschliche Steuerung, geht aber gleichzeitig mit einem eingeschränkten Gefühl der Kontrolle einher. Erhöhte Komplexität, beispielsweise durch vernetzte

Sozialpolitik in Diskussion, Band 19/2018: Seiten 15–23

und verteilte Systeme, macht es zusehends schwieriger, Prozesse und Funktionsweisen zu verstehen, und schränkt damit die Kontrollierbarkeit von Systemen durch den Menschen ein (vgl. Hirsch-Kreinsen/Hompel 2016).

Aus einer erlebniszentrierten Perspektive geht damit die Herausforderung einher, ArbeiterInnen in der Interaktion mit Systemen in der Fabrik ein adäquates Gefühl der Kontrolle zu geben, ohne dabei technologische Entwicklungen zu behindern.

4.2 Von Langeweile bis Überforderung

Arbeitsbelastung stellt einen weiteren wichtigen Aspekt unseres Erlebens von Arbeit dar. Unter Arbeitsbelastung verstehen wir den kognitiven Aufwand, den eine Interaktion mit einem System hervorruft, um eine Aufgabe zu lösen (vgl. Wurhofer et al. 2015a). Bei dem Aspekt Arbeitsbelastung bewegen wir uns zwischen den Extremen Langeweile und Überforderung. Ist die Arbeitsbelastung zu gering – beispielsweise weil die Aufgaben nicht herausfordernd genug oder zu monoton sind –, so führt dies zu Unterforderung und Langeweile. Umgekehrt, wenn die Arbeitsbelastung zu hoch ist – beispielsweise weil die Aufgaben zu komplex oder zu viel sind –, so wird das als Überforderung und Stress erlebt. Generell lässt sich im Bereich der Produktion beobachten, dass ein Wegfall von manuellen Tätigkeiten zu steigender Komplexität führt, da sich zuständige Arbeitsbereiche vergrößern (vgl. Schmidt 1991). Studien im Bereich von Smart Factories zeigen, dass zunehmende Komplexität ein wichtiger Aspekt des Erlebens solcher Arbeitsumgebungen ist (vgl. Wurhofer et al. 2018). Die zunehmende Vernetzung von Systemen macht es ungleich schwieriger, das Zusammenspiel dieser zu begreifen, mehr Automatisierung geht mit neuen Anforderungen an die Arbeit einher, und das Gesamtverständnis von einzelnen Systemen und Abläufen wird schwieriger. Auf der anderen Seite sind vor allem OperatorInnen in Produktionsstätten damit konfrontiert, dass automatisierte Systeme Aufgaben übernehmen und bisherige Handgriffe unnötig machen. Dies lässt OperatorInnen die Arbeit oft als monoton und repetitiv erleben (vgl. Wurhofer et al. 2018).

Das Spannungsfeld des Erlebens von Arbeitsbelastung im Kontext zunehmender Automatisierung und Digitalisierung in Fabriken erstreckt sich also von Langeweile bis Überforderung. Eine Herausforderung stellt somit das Schaffen einer individuell optimalen Art und eines individuell optimalen Ausmaßes von Tätigkeiten für ArbeiterInnen dar.

4.3 Von Expertise bis Wissensmangel

Wissen und Expertise sind weitere Aspekte, die das Erleben in automatisierten, digitalisierten Industrieumgebungen prägen (vgl. Wurhofer et al. 2018). Hier erstreckt sich das Spannungsfeld vom Extrem der hoch qualifizierten bis zum Extrem der niedrig qualifizierten ArbeiterInnen.

Mehr Automatisierung und Digitalisierung geht mit neuen Anforderungen an die Qualifikation einher, beispielsweise der Anforderung, sich nicht mehr nur um eine Maschine zu kümmern, sondern um mehrere Maschinen bzw. den gesamten Maschinenpark (vgl. Lassnig et al. 2016). Einhergehend mit einer Zunahme an benötigtem Wissen verlagert sich die Rolle des Menschen in Industrieumgebungen vom „Maschinenbediener“ hin zum „Erfahrungsträger“ (vgl. Brettel et al. 2014). Koordination und Entscheidungsfindung sind hier besonders rele-

vant, da das Beheben von Fehlern und unerwarteten Zwischenfällen einen wichtigen Aspekt in der Mensch-Maschine-Interaktion in Industrieumgebungen darstellt (vgl. Hirsch-Kreinsen/Hompel 2016). Zunehmend automatisierte und selbstlernende Systeme benötigen immer weniger menschliche Intervention; gleichzeitig wird es aber immer wichtiger, bei Störfällen oder Problemen einzugreifen, um damit verbundene negative Folgen (zum Beispiel verringerten Produktionsausstoß) möglichst einzudämmen. Der Mensch wird somit immer mehr zum Problemlöser und Fehlerbeheber, was mit einem hohen Grad an benötigtem Wissen und situativer Entscheidungsfähigkeit einhergeht. Es ist aber nicht zwingend davon auszugehen, dass die zunehmende Automatisierung und Digitalisierung Tätigkeiten für niedrig qualifizierte ArbeiterInnen obsolet macht. Vielmehr werden neue, einfache Aufgaben entstehen, bzw. rentiert sich eine Automatisierung von bestimmten Arbeitsschritten nicht immer (etwa wenn diese nur gelegentlich nach Bedarf durchgeführt werden müssen) (vgl. Brynjolfsson/McAfee 2014).

Aus einer menschzentrierten Sicht auf Interaktion ist die erlebte menschliche Interventionsfähigkeit eng mit der Qualifikation verbunden; niedrige Qualifikation geht mit geringer Interventionsfähigkeit einher, während hohe Qualifikation Interventionen wahrscheinlicher macht. Dies führt zur Herausforderung, wie man ArbeiterInnen individuell und situativ benötigtes Wissen und Information zur Verfügung stellen kann bzw. wie sie vorhandenes Wissen situativ passend einsetzen können, um Kompetenzen von Menschen und Maschinen optimal zu verbinden.

4.4 Von Verantwortung bis Nicht-Einbindung

Eng verknüpft mit Wissen und Qualifikation sind die erlebte Verantwortung und Einbindung der ArbeiterInnen in bestimmte Aufgaben oder Prozesse. Involvierung und Verantwortung im Sinne von Entscheidung und Handlungsspielraum sind wichtig für das persönliche Wohlbefinden und die intellektuelle Leistungsfähigkeit (vgl. Volpert/Georg 1981). Was das Erleben von Arbeit in Industrieumgebungen betrifft, so kann dieses im Spannungsfeld zwischen keinerlei Verantwortlichkeiten – oft verbunden mit Ängsten und Unsicherheiten – und zu viel Verantwortung – oft verbunden mit Überforderung und Stress – angesiedelt werden.

Die negativen Auswirkungen von Nicht-Einbindung konnten beispielsweise bei der Einführung eines Roboters in eine Fabriksumgebung gezeigt werden (vgl. Wurhofer et al. 2015b). Die betroffenen ArbeiterInnen wurden im Vorfeld der Einführung unzureichend informiert, eine Einbindung in Entscheidungsprozesse fand nicht statt. Dies löste bei den ArbeiterInnen Ängste und Unsicherheiten aus, die sich nach der Einführung des Roboters oft als unbegründet herausstellten. Das umgekehrte Extrem zeigte sich bei Interviews mit InstandhalterInnen in Industrieumgebungen, die – bedingt durch zunehmenden technischen Fortschritt – über Stress durch ein Zuviel an Verantwortung berichteten (vgl. Wurhofer et al. 2018). Beispielsweise wurde der erlebte Stress dadurch ausgelöst, dass man für eine Vielzahl von Systemen bzw. Anlagen in der Fabrik verantwortlich war oder ständig erreichbar war, zum Beispiel durch Mobiltelefone.

Aus einer erlebnisorientierten Perspektive kann sich Verantwortung positiv auf das Erleben von Arbeit auswirken und beispielsweise Ängste und Unsicherheiten reduzieren. Ein Zuviel an Verantwortung kann jedoch zu Überforderung und Stress führen und sich somit negativ auf das Arbeitserleben auswirken. Die damit einhergehende Herausforderung thematisiert die Frage, wie man es schaffen kann, ArbeiterInnen Verantwortung für bestimmte Aufgaben oder Prozesse zuzuweisen, ohne sie zu überfordern.

5 HERAUSFORDERUNGEN

Wir gehen davon aus, dass auch in zunehmend digitalisierten, automatisierten und vernetzten Arbeitsumgebungen Menschen weiterhin eine wichtige Rolle spielen werden, wenn auch mit neuen und veränderten Aufgaben (vgl. Baxter et al. 2012). Damit sind auch Aspekte wie Akzeptanz, Motivation und Arbeitszufriedenheit von Bedeutung. Diese Aspekte sollen durch die Forcierung einer menschzentrierten Perspektive auf zunehmend intelligente Industrieumgebungen verbessert bzw. erhöht werden. So soll die Mensch-Maschine-Interaktion in intelligenten Industrieumgebungen als eine optimale Ergänzung von Mensch und Maschine verstanden und gestaltet werden können. Im Folgenden wollen wir die wichtigsten Herausforderungen für die Interaktion zwischen Mensch und Maschine in intelligenten Industrieumgebungen kurz beleuchten.

5.1 Optimales Nutzungserleben

Nimmt man eine menschzentrierte Perspektive auf die Gestaltung von Arbeit ein, so stellt sich die Frage, wie man ein optimales Nutzungserleben schaffen kann. Die in Kapitel 4 angeführten Spannungsfelder sollen einen ersten Einblick in das tägliche Erleben der Mensch-Maschine-Interaktion aus Sicht von ArbeiterInnen geben. Beim Aufzeigen relevanter Themen aus Sicht der ArbeiterInnen ist es uns wichtig, die große Variabilität des Erlebens hervorzuheben. Bei der Gestaltung von Technologien und in der Gestaltung von Arbeit sollten deshalb – neben Produktivitätserhöhung und Leistungssteigerung – auch Erlebensaspekte von Arbeit eine Rolle spielen. Wie im vorhergehenden Kapitel bereits dargestellt, sollten Aspekte wie ein adäquates Gefühl der Kontrolle, individuell optimierte Auslastung, Verfügbarkeit von individuell benötigtem Wissen oder ausreichende Involvierung und Verantwortung Ziele einer Gestaltung von Arbeit in intelligenten Industrieumgebungen sein. Diese Ziele sollten dann durch entsprechendes System- und Arbeits(platz)design umgesetzt werden (für Beispiele siehe Wurhofer et al. 2018), um ein positives Nutzungserleben zu schaffen.

5.2 Mensch-Mensch-Interaktion

Durch die zunehmende Automatisierung und Digitalisierung wird sich nicht nur unsere Interaktion mit Systemen in Industrieumgebungen verändern, sondern es wird sich auch die Interaktion zwischen den ArbeiterInnen verändern. Der Mensch nimmt zunehmend die Rolle des Problemlösers und Fehlerbehebers ein, und autonome Systeme verdrängen die Notwendigkeit kooperativer Tätigkeiten zwischen ArbeiterInnen. Wissen und Qualifikation stellen ein zentrales Unterscheidungsmerkmal dar und werden die Rollen der ArbeiterInnen wesentlich definieren (vgl. Hirsch-Kreinsen/Hompel 2016).

5.3 Undurchsichtigkeit von Systemen

Intelligente Industrieumgebungen sind gekennzeichnet durch vernetzte und verteilte Systeme. Das heißt, oftmals können bestimmte Aufgaben und Prozesse nicht einem bestimmten System zugeordnet werden, sondern sind über verschiedene Systeme verteilt. Dies stellt eine wesentliche Umstellung und Herausforderung für ArbeiterInnen dar. Oft fehlt Information

über Status und Prozesse von Systemen, sodass man die Systeme als eine Art „Black Box“ erlebt (vgl. Christoffersen/Woods 2002). Insbesondere beim Auftreten von Fehlern oder Störfällen ist eine solche „Undurchsichtigkeit“ problematisch, da die Fehlersuche und Problembehebung in solchen Fällen komplexer und schwieriger ist (vgl. Bainbridge 1983).

6 CONCLUSIO

Im vorliegenden Beitrag wurden Spannungsfelder der Mensch-Maschine-Interaktion in intelligenten Industrieumgebungen dargestellt und daraus resultierende Herausforderungen beleuchtet. Dadurch soll die Diskussion über aktuelle Entwicklungen im Bereich industrieller Arbeit und die Gestaltung dabei verwendeter Technologien angeregt werden. Wichtig ist hervorzuheben, dass intelligente Industrieumgebungen das Wohlbefinden der ArbeiterInnen maßgeblich prägen, sodass die Gestaltung von Arbeit auch eine erlebnisorientierte Sichtweise einnehmen muss, um ein positives Erleben von Arbeit und damit einhergehenden Mensch-Maschine-Interaktionen zu fördern. Letztendlich soll die Forcierung einer menschzentrierten Perspektive Akzeptanz, Motivation und Arbeitszufriedenheit erhöhen.

Im Hinblick auf zukünftige Entwicklungen gehen wir davon aus, dass auch in zunehmend digitalisierten, automatisierten und vernetzten Arbeitsumgebungen Menschen weiterhin eine wichtige Rolle spielen werden. Ziel ist es also, die Mensch-Maschine-Interaktion in intelligenten Industrieumgebungen als optimale Ergänzung von Mensch und Maschine zu sehen und zu gestalten.

DANKSAGUNG

Dem Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend und der Nationalstiftung für Forschung, Technologie und Entwicklung (Christian Doppler Labor „Contextual Interfaces“) wird für die finanzielle Unterstützung gedankt. Weiters wurde die Forschung im Rahmen des österreichischen Projekts „ASSIST 4.0“, gefördert durch die österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG), ermöglicht.

BIBLIOGRAFIE

Bainbridge, Lisanne (1983), Ironies of automation, in: Automatica 19/6, 775–779.

Baxter, Gordon, John *Rooksby,* Yuanzhi *Wang* and Ali *Khajeh-Hosseini* (2012), The Ironies of Automation: Still Going Strong at 30?, in: Proceedings of the 30th European Conference on Cognitive Ergonomics (ECCE '12), ACM, New York, 65–71.

Brettel, Malte, Niklas *Friederichsen,* Michael *Keller* and Marius *Rosenberg* (2014), How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective, in: International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering 8, 1 (2014), 37–44.

Brynjolfsson, Erik and Andrew *McAfee* (2014), The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies, Norton & Company.

Christoffersen, Klaus and David D. *Woods* (2002), How to make automated systems team players, in: Advances in human performance and cognitive engineering research 2, 1–12.

Fuchsberger, Verena, Martin *Murer,* Thomas *Meneweger* and Manfred *Tscheligi* (2014), Capturing the in-between of interactive artifacts and users: A materiality-centered approach, in: Proc. of NordiCHI '14, 451–460.

Hancock, Peter A., Richard J. *Jagacinski,* Raja *Parasuraman,* Christopher D. *Wickens,* Glenn *F. Wilson* and David B. *Kaber* (2013), Human-automation interaction research past, present, and future, in: Ergonomics in Design: The Quarterly of Human Factors Applications 21/2, 9–14.

Hirsch-Kreinsen, Hartmut und Michael *Hompel* (2016), Digitalisierung industrieller Arbeit, in: Handbuch Industrie 4.0: Produktion, Automatisierung und Logistik. Springer Berlin Heidelberg, Berlin u. Heidelberg, 1–20.

Kaasinen, Eija, Virpi *Roto,* Jaakko *Hakulinen,* Tomi *Heimonen,* Jussi P. P. *Jokinen,* Hannu *Karvonen,* Tuuli *Keskinen,* Hanna *Koskinen,* Yichen *Lu,* Pertti *Saariluoma* et al. (2015), Defining user experience goals to guide the design of industrial systems, in: Behaviour & Information Technology, 1–16.

Lassnig, Markus, Petra *Stabauer,* Georg *Güntner,* Gert *Breitfuß,* Katrin *Mauthner,* Michael *Stummer,* Michael *Freiler* und Andreas *Meilinger* (2016), Industrie 4.0 in Österreich. Kenntnisstand und Einstellung zur digitalen Transformation durch Industrie 4.0 und neue Geschäftsmodelle in österreichischen Unternehmen, in: Band 2 der Studie im Auftrag des österreichischen Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) sowie der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) im Rahmen des Programms „Produktion der Zukunft", Salzburg/Wien.

Lu, Yichen and Virpi *Roto* (2015), Evoking meaningful experiences at work – a positive design framework for work tools, in: Journal of Engineering Design 26/4–6, 99–120.

Meneweger, Thomas, Daniela *Wurhofer,* Verena *Fuchsberger* and Manfred *Tscheligi* (2015), Working Together with Industrial Robots: Experiencing Robots in a Production Environment, in: Proceedings of the 24th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN).

Obrist, Marianna, Wolfgang *Reitberger,* Daniela *Wurhofer,* Florian *Förster* and Manfred *Tscheligi* (2011), User experience research in the semiconductor factory: a contradiction?, in:

Proceedings of the 13th IFIP TC 13 international conference on Human-computer interaction – Volume Part IV (INTERACT'11), Springer-Verlag, Berlin u. Heidelberg, 144–151.

Rosso, Brent D., Kathryn H. *Dekas* and Amy *Wrzesniewski* (2010), On the meaning of work: A theoretical integration and review, in: Research in organizational behavior 30/2010, 91–127.

Schmidt, Kjeld (1991), Computer support for cooperative work in advanced manufacturing, in: International Journal of Human Factors in Manufacturing 1/4, 303–320.

Stocker, Alexander, Peter *Brandl,* Rafael *Michalczuk* and Manfred *Rosenberger* (2014), Human-centred ICT tools for smart factories, in: e & i Elektrotechnik und Informationstechnik 131/7, 207–211.

Volpert, Walter und Walter *Georg* (1981), Psychologische Aspekte industrieller Arbeit, Fernuniv., Gesamthochsch.

Wurhofer, Daniela, Verena *Fuchsberger,* Thomas *Meneweger,* Christiane *Moser* and Manfred *Tscheligi* (2015a), Insights from User Experience Research in the Factory: What to Consider in Interaction Design, in: Human Work Interaction Design. Work Analysis and Interaction Design Methods for Pervasive and Smart Workplaces. IFIP Advances in Information and Communication Technology, Vol. 468. Springer International Publishing, 39–56.

Wurhofer, Daniela, Thomas *Meneweger,* Verena *Fuchsberger* and Manfred *Tscheligi* (2015b), Deploying Robots in a Production Environment: A Study on Temporal Transitions of Workers' Experiences, in: Proceedings of Interact 2015.

Wurhofer, Daniela, Thomas *Meneweger,* Verena *Fuchsberger and* Manfred *Tscheligi* (2018), Reflections on Operators' and Maintenance Engineers' Experiences of Smart Factories, in: Proceedings of the ACM 2018 International Conference on Supporting Group Work (Group '18).