

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Instandhaltung, Software

Instandhalter sind Mitgestalter ihres Assistenzsystems

Ergebnisse des Forschungsprojekts CPPSProcessAssist

A. Keller, S. Adler, N. Zobel

Im Forschungsprojekt „CPPSProcessAssist“ wurde für vier kleine und mittlere Unternehmen (KMU) der Prozessindustrie ein modulares und mobiles Assistenzsystem zur Instandhaltungsunterstützung entwickelt. Neben der technologischen Entwicklung des Systems wurde im Projekt eine Vorgehensweise zur Gestaltung und Einführung des Systems in den Unternehmen erarbeitet. Mitarbeiter der Schicht und Schichtleitung, Projektingenieure, Instandhalter sowie Technologieentwickler wurden als Mitgestalter des Systems und der daraus folgenden Veränderungen im Unternehmen eingebunden. Das resultierende System bildet die unternehmensübergreifenden Anforderungen von Instandhaltungsaufgaben in der Prozessindustrie technisch ab und ist an vorhandene IT-Infrastrukturen anpassbar. Die gewählte Vorgehensweise zur Einbindung der Mitarbeiter in der Gestaltung des Systems trug dazu bei, die unternehmens- und nutzerspezifischen Anforderungen in das System zu integrieren sowie die Mitarbeiter zu Eingabe bedarfsgerechter Assistenzinhalten zu befähigen.

Maintenance engineers are co-designers of their assistance system

A modular and portable maintenance assistance system was developed for four small and medium-sized process manufacturers in the research project CPPSProcessAssist. Along with the technological development of the system, a procedure for designing and implementing the system in the companies was developed. Shift workers and

managers, project engineers, maintenance engineers and technology developers were involved in designing the system and implementing the ensuing changes in their companies. The resulting system technically maps cross-company requirements for maintenance work in process manufacturing and can be modified for existing IT infrastructures. The selected procedure for involving employees in the system design helped integrating specific company and user requirements in the system and enabling employees to enter content in the assistance system based on their needs.

1 Einleitung

Unternehmen nutzen zunehmend digitale Informationen, um interne Prozesse zu verbessern, Informationen situationsgerecht bereitzustellen oder um Erkenntnisse aus Datenanalysen zu gewinnen. Die Veränderungen von klassischen zu digital unterstützten Arbeitsweisen und von konventionell zu digital erfassten Informationen müssen schrittweise erfolgen und stellen sich für die Unternehmen unterschiedlich dar. Jedes Unternehmen setzt andere Schwerpunkte und sieht andere Potenziale. Software zur Informationsassistenz ermöglicht den gezielten Zugriff auf Informationen. Vorarbeiten des Fraunhofer IFF zeigen das Potenzial solcher kognitiven Assistenzsysteme in verschiedenen Anwendungsfeldern [1]. Modulare Systeme begleiten diese Umstellung zu Digitalisierung schrittweise. Je mehr Informationen verfügbar sind, desto mehr Unterstützung können die Nutzer erhalten.

Digitale Daten lassen sich einfach und schnell übertragen. Sie verändern dadurch die Möglichkeiten und Wege der Kommunikation und können damit etablierte Prozesse verändern, da neue Möglichkeiten für Abstimmungen und Kooperationen entstehen. Die Veränderung der Arbeitsvorgänge muss jedoch von den Mitarbeitern unterstützt werden. Werden Mitarbeiter nicht am Veränderungsprozess beteiligt, können sich daraus Akzeptanzprobleme beim späteren Einsatz ergeben.

Im Forschungsprojekt CPPSProcessAssist wird für vier KMU der Prozessindustrie ein modulares und mobiles Assistenzsystem zur Instandhaltungsunterstützung entwickelt (**Bild 1**). Die Lösung integriert die unternehmensspezifischen Herausforderungen der Instandhaltung. Die Entwicklung und Evaluation des Systems erfolgte in drei aufeinander aufbauenden Prototypen mit den Zielen:

Alinde Keller, M. A., Dr.-Ing. Simon Adler, Dr.-Ing. Nico Zobel
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF
Sandtorstr. 22, 39106 Magdeburg
Tel. 0393 / 4090-216; -776
alinde.keller@iff.fraunhofer.de; simon.adler@iff.fraunhofer.de
www.iff.fraunhofer.de

Dank

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt CPPSProcessAssist wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (Förderkennzeichen 02P14B080 bis 02P14B087) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren. Die Autoren danken dem Projektträger Karlsruhe.



Bild 1. Assistenzsystem für Instandhalter in der Prozessindustrie

- Reduzierung ungeplanter technisch bedingter Stillstandzeiten,
- Integration von Erfahrungswissen,
- flexible Anbindung der Assistenzsysteme an unterschiedliche prozesstechnische Anlagen.

Neben der technologischen Entwicklung des Systems wurde im Projekt eine Vorgehensweise zur Gestaltung und Einführung des Systems in den Unternehmen entwickelt. Mitarbeiter der Schicht und Schichtleitung, Projektengineure, Instandhalter sowie Technologieentwickler wurden als Mitgestalter des Systems und der daraus folgenden Veränderungen im Unternehmen eingebunden. In Workshops erarbeiteten sie gemeinsam Erfolgskriterien für das Assistenzsystem, die von allen Mitarbeitern mitgetragen wurden. Aus den Diskussionen um zukünftige Einsatzzwecke leiteten die Entwickler technische Anforderungen an das System ab. Darüber hinaus wurden Mitarbeiter bei der Eingabe von Assistenzinhalten didaktisch unterstützt.

Das resultierende System bildet die unternehmensübergreifenden Anforderungen von Instandhaltungsaufgaben in der Prozessindustrie technisch ab und ist an vorhandene IT-Infrastrukturen anpassbar. Die gewählte Vorgehensweise zur Einbindung der Mitarbeiter in die Gestaltung des Systems trug dazu bei, die unternehmens- und nutzerspezifischen Anforderungen

in das System zu integrieren sowie die Mitarbeiter zu Eingabe bedarfsgerechter Assistenzinhalten zu befähigen.

2 Funktionsumfang Assistenzsystem

Die Instandhalter benötigen für die Bewältigung ihrer Aufgaben umfangreiche Informationen. Hierzu gehören Informationen zu den technischen Systemen und ihren Komponenten sowie Erfahrungswissen. Störungen treten häufig an Komponenten auf, die nicht ursächlich für die Störung sind. Die Dauer eines Stillstandes ab Eintritt einer Störung hängt von der Zeit zur Ursachenfindung, Reparatur und Wiederinbetriebnahme ab.

Die Ursachenfindung erfordert jedoch ein hohes Maß an Problemlösungsfähigkeiten und Erfahrungswissen. Mit zunehmender Vertrautheit mit technischen Anlagen sind typische Ursachen bei auftretenden Symptomen bekannt oder wahrscheinlich. Das im Projekt CPPSPProcessAssist entwickelte Assistenzsystem bietet daher bei unbekanntem oder seltenen Problemen einen schnellen Zugriff auf relevante Informationen wie Dokumente oder Fehlermeldungen.

Im Folgenden werden ausgewählte Funktionen des Assistenzsystems skizziert (**Bild 2**):

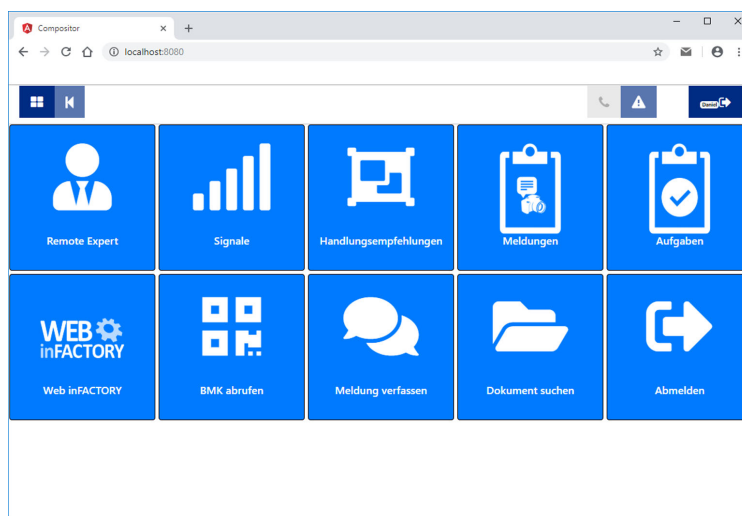


Bild 2. Funktionen des mobilen Assistenzsystems

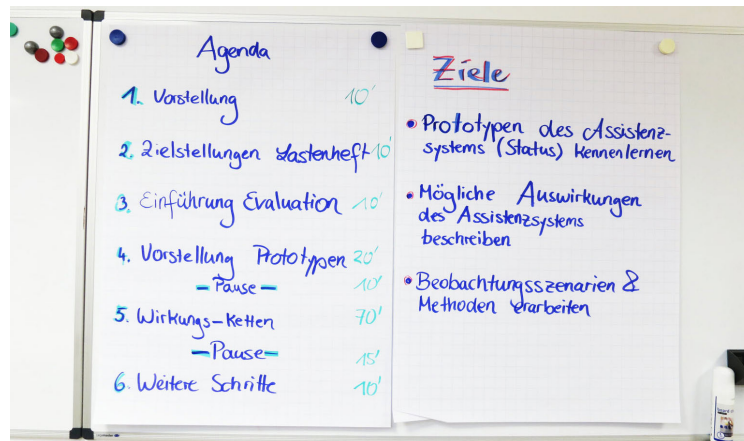


Bild 3. Agenda und Zielvorstellungen für Start-Workshops

- **BMK abrufen:** Jedes Bauteil einer Anlage erhält eine eindeutige Betriebsmittelkennzeichnung (BMK), welche im digitalen Zwilling der Anlage hinterlegt ist. Über die Eingabe einer BMK im Assistenzsystem kann der Instandhalter auf verknüpfte Informationen zugreifen, wie zum Beispiel Dokumente, Meldungen, Handlungsempfehlungen oder Sensordaten. Voraussetzung ist, dass die logischen Verknüpfungen im System hinterlegt wurden. Das Abrufen einer BMK erfolgt über das Einlesen von QR-Codes.
- **Signale:** Über diese Funktion können Arbeitspersonen auf bauteilspezifische aktuelle Sensordaten zugreifen.
- **Meldung verfassen:** Im Stil einer Twitter-Nachricht verfassen Arbeitspersonen Beobachtungen und Hinweise zu einem Fehler oder deren Problemlösung. Optional verknüpfen sie diese mit einer BMK und fügen Fotos hinzu. Aus Meldungen können Aufgaben erstellt werden. Häufen sich Meldungen zu einem ähnlichen Störungsbild, kann über einen Redaktionsprozess eine Handlungsempfehlung erstellt werden.
- **Handlungsempfehlungen:** In einem Autorentool werden Entscheidungsbäume oder Checklisten erstellt. In der mobilen Ansicht, etwa auf einem Tablet, werden den Arbeitspersonen die einzelnen, zur Fehlerbehebung erforderlichen, Schritte angezeigt. Optional kann die Empfehlung vom Nutzer kommentiert und bewertet werden. Die Handlungsempfehlung kann sowohl mit einer BMK als auch mit einem Fehlercode verknüpft sein. In diesem Fall erscheint im Display eine Fehlermeldung. Mit einem Klick auf diese Meldung kann die Arbeitsperson die Handlungsempfehlung abrufen.

Typischerweise liegen in einem Instandhaltungsteam unterschiedliche Erfahrungen vor. Erfahrene Mitarbeiter müssen einen Großteil der Arbeitszeit investieren, um bei aus ihrer Sicht einfachen Lösungsvarianten zu unterstützen. Strukturierete Lösungsempfehlungen können nicht nur Instandhalter befähigen, sondern insbesondere die erfahrenen Instandhalter signifikant entlasten.

3 Erfolgskritische Voraussetzungen für die Einführung des Assistenzsystems

Die Einsatzmöglichkeiten des Assistenzsystems hängen von den verfügbaren unternehmensspezifischen Informationen ab.

Bei Unternehmen, die mit der Digitalisierung ihrer Daten und Prozesse beginnen, ist eine Eingangsvoraussetzung, dass die Mitarbeiter freiwillig und selbstorganisiert Daten digital erfassen.

Zudem bildet die im Projekt CPPSPProcessAssist entwickelte Assistenzlösung einen Gegensatz zu instruktionalen Assistenzsystemen, die bei eher einfachen Tätigkeiten mit einem geringen Anforderungsniveau eingesetzt werden [2]. Bei instruktionalen Assistenzsystemen werden die Assistenzinhalte ausschließlich aus Datenmodellen generiert. Die entwickelte Lösung kombiniert jedoch Assistenzinhalte aus Datenmodellen und dem Erfahrungswissen der Mitarbeiter. Dafür wird eine Methodik benötigt, mit der die Mitarbeiter identifizieren, welche Inhalte für sie und ihre Kollegen relevant sind, wie diese bedarfsgerecht dargestellt werden und wie die Mitarbeiter zur Eingabe von Inhalten motiviert werden können.

Eine weitere Voraussetzung für eine erfolgreiche Unternehmensumsetzung ist das Berücksichtigen nutzerspezifischer Sichten. Die im Projekt entwickelte Assistenzlösung unterstützt nicht nur isoliert die Instandhaltung. Weitreichende Mehrwerte entstehen, wenn auf Basis der Assistenzinformationen eine verbesserte und schnellere Kommunikation zwischen verschiedenen Tätigkeitsfeldern und Abteilungen, also etwa zwischen Instandhaltung und Engineering oder zwischen Produktionsleitung, Schichtleitern und -mitarbeitern, gelingt. Um diese Mehrwerte zu generieren, ist eine Akzeptanz des Systems durch die verschiedenen Nutzergruppen zwingend erforderlich. Die Nutzeroberfläche, zum Beispiel ein Formular zur Eingabe einer Meldung, sollte daher auf eine effiziente Arbeitsweise der Nutzergruppen zugeschnitten sein. Sind relevante Informationen „einen Klick zu viel“ entfernt, werden sie im Zweifelsfall nicht genutzt. Des Weiteren sind implizite Sekundärtätigkeiten zu berücksichtigen. Sekundärtätigkeiten bei Anlageninstandhaltern können Aufgaben der Gebäudeinstandhaltung sein. Instandhalter müssen ihre Aufgaben koordinieren. Ein digitales Aufgabenmanagement muss solche Tätigkeiten miteinfassen, um nicht kurzfristig durch Papierlisten ersetzt zu werden.

Eine Methode zur Einbindung der Mitarbeiter ist essentiell, um die nutzerspezifischen Sichten und verschiedenen Anforderungen zu identifizieren und in die Gestaltung des Systems einfließen zu lassen.

4 Vorgehensweise zur Einbindung der Mitarbeiter als Mitgestalter

In der Anfangsphase des Projekts wurden Start-Workshops (Bild 3) zur Konkretisierung der Erwartungen durchgeführt:

- Wie sollen sich die Funktionen des Assistenzsystems in Arbeitsprozessen auswirken?
- Durch welche Funktionen können welche Verbesserungen erreicht werden?

Beteiligt waren zum einen Mitarbeiter verschiedener Hierarchien und Funktionen aus den Unternehmen: Schichtleiter und -mitarbeiter, Instandhalter externer Dienstleister, Produktionsleiter, Mitarbeiter aus dem Engineering und Administratoren des Unternehmens. Zum anderen waren Vertreter des Entwickler-Teams aktive Teilnehmer. Im Rahmen der Methode des Wirkungsmonitorings [3], das auf systemtheoretischen Prinzipien basiert, wurden mit allen Beteiligten Wirkungsketten (Ist und Soll) erarbeitet. Dabei wurde jeweils eine Funktion des Assistenzsystems (etwa Fehlermeldungen), ein zukünftiges Einsatzfeld (etwa Störungsanalyse) im Unternehmen sowie eine Rolle (etwa erfahrener Instandhalter) ausgewählt. Für diese Kombination wurden der erwartete direkte Nutzen sowie indirekte Wirkungszusammenhänge erarbeitet. Die Moderation erfolgte mit Whiteboard und Metaplankarten, um die Zusammenhänge zu visualisieren.

Ein erfahrener Instandhalter nannte beispielsweise als direkten Nutzen für das Feature der Handlungsempfehlungen im Einsatz bei Störungsbehebungen: „Mehr Ruhe und Freizeit für mich“. Ein indirekter Mehrwert sei für ihn darüber hinaus: „Meine Kollegen lernen die Anlage besser kennen“. Ein nicht so erfahrener Kollege hingegen erwartete als direkten Nutzen vor allem eine „erhöhte Sicherheit“ bei der Störungsbehebung und als indirekten Nutzen eine „Zeitreduzierung bei der Fehler-suche“.

Auf Basis der Nutzenprognosen wurden Indikatoren und Szenarien zur projektbegleitenden Evaluation erarbeitet („Was bringt das Assistenzsystem tatsächlich?“), um sicherzustellen, dass die Zielstellungen der Mitarbeiter evaluiert werden und um die Akzeptanz des Systems zu fördern. Im Projektverlauf wurden verschiedene Evaluationsmethoden angewandt (zum Beispiel leitfadengestützte Interviews). Anhand der Evaluationsergebnisse wurden die Wirkungsketten von den Mitarbeitern reflektiert und angepasst. Aus den Ergebnissen konnten darüber hinaus die Anforderungen nutzerspezifischer Sichten abgeleitet werden. Die Mitarbeiter entwickelten ein Verständnis, welche Informationen für Kollegen wichtig sind, wie etwa die Weitergabe von Tipps und Hinweisen zu anlagenspezifischen Auffälligkeiten.

5 Vorgehensweise zur Befähigung der Mitarbeiter zur Eingabe von Assistenzinhalten

Bei der Entwicklung einer Software, welche die Eingabe von Assistenzinhalten unterstützt, stellen sich folgende Herausforderungen: Anwender können Anforderungen häufig nur partiell spezifizieren, da sie zukünftige Prozessveränderungen durch den Softwareeinsatz a priori nur eingeschränkt einschätzen können. Zudem ist die multimediale Erstellung von Handlungsempfehlungen eine Tätigkeit, die den meisten Mitarbeitenden unbekannt ist. Entwicklern fehlt hingegen die notwendige Erfahrung in der Problemdomäne, während sie häufig zu viele technische Fähigkeiten antizipieren. Für die Entwicklung

eines Autorentools im Projekt wurde daher ein Entwicklungsansatz nach *Benyon et. al* [4] genutzt, bei dem ein iterativer Wechsel zwischen Anforderung, technischer Lösung, Evaluierung und Respezifizierung der Anforderung erfolgt. Dieses Vorgehen erlaubt einerseits die schrittweise Annäherung an eine akzeptierte Lösung.

Jede Software für die Informationsbereitstellung besteht prinzipiell aus einem Autorenmodul für die Inhaltserstellung und einem Nutzungsmodul für den Informationszugriff. Im Projekt CPPSPProcessAssist stellten die Entwickler zusätzlich didaktisch aufbereitete Vorlagen zur Verfügung und berieten die Ersteller von Handlungsempfehlungen zum Beispiel zur Verwendung multimedialer Inhalte aus didaktischer Sicht [5, 6].

Aufgabe der Verantwortlichen für die Eingabe der Assistenzinhalte auf Seiten der Unternehmen war es, auf fachliche Richtigkeit zu achten, eindeutige und verständliche Begriffe zu verwenden sowie den für die Zielgruppe benötigten Detailbeziehungsweise Abstraktionsgrad einzuschätzen.

Die Erfahrungen im Projekt zeigen, dass es empfehlenswert ist, einen Redaktionsprozess im Unternehmen zu etablieren und außerdem beim Erstellen von Handlungsempfehlungen Experten-Tandems zu bilden. Bei Eingabe des Wissens findet somit eine fachliche Reflexion nach dem Vier-Augen-Prinzip statt.

6 Effekte

Das partizipative Vorgehen ermöglichte es, die Zielstellungen aus dem Lastenheft an reale Problemstellungen aus dem Alltag der Mitarbeiter anzupassen und zu erweitern. Die Technologieentwickler konnten unternehmensspezifische Entwicklungsbedarfe ableiten. Die Mitarbeiter selbst bewerteten ihre Einbindung sehr positiv und fühlen sich dadurch wertgeschätzt.

Bei der Eingabe von Assistenzinhalten stellte sich heraus, dass das Erstellen von Handlungsempfehlungen bereits zu einem Reflexions- und Lernprozess sowie zum Austausch von Erfahrungswissen zwischen Kollegen beiträgt. Dieser Effekt wird zusätzlich verstärkt, wenn Experten-Tandems gebildet werden. Die Darstellung der Inhalte im Autorentool fordert die erfahrenen Mitarbeiter heraus, verschiedene Perspektiven einzunehmen:

- Perspektive 1: Was ist fachlich richtig?
- Perspektive 2: Wie schreibe ich es auf, damit es andere verstehen?

Die gewählte Vorgehensweise unter Einbezug didaktischer Kriterien führte zur bedarfsgerechten Erstellung von Assistenzinhalten.

Die Evaluation des Systems zeigt, dass junge und neue Kollegen neue Tätigkeiten schneller selbstständig ausführen können und dadurch erfahrene Mitarbeiter entlastet werden. Bei seltenen Tätigkeiten können Empfehlungen genutzt werden, die in der längeren Vergangenheit erstellt wurden, so dass einmal erfolgreiche Lösungswege lange nachgenutzt werden und Mitarbeiter kompetent und zügig agieren können.

Ein weiterer Effekt ist die Veränderung der Tätigkeitsprofile erfahrener Mitarbeiter durch Nutzung des Assistenzsystems: Sie benötigen zeitliche Ressourcen zur Erstellung und Validierung der Inhalte. Dies ist einerseits ein einmaliger Aufwand. Assistenzinhalte müssen andererseits weiterhin aktualisiert beziehungsweise neue Hinweise und Empfehlungen eingepflegt werden. Auch wenn die Erstellung von Inhalten mit hohem Aufwand verbunden ist, zeigen die Rückmeldungen in der Evaluation, dass die Unternehmen langfristig profitieren.

7 Lessons Learned

Das Erarbeiten realistischer Evaluationsszenarien, die die Instandhalter selbst als Endnutzer des Assistenzsystems mittragen, ist ein wichtiger Faktor für die Akzeptanz des Systems und eine Voraussetzung für die erfolgreiche Integration in die Arbeitsprozesse. Die Beteiligung aller Hierarchieebenen bei der Evaluation unterstützt die Transparenz funktions- und abteilungsübergreifender Auswirkungen des Systems. Da die Mitarbeiter das System auf Grund der Komplexität ihrer Tätigkeitsfelder individualisiert nutzen und selbst Inhalte erfassen, hat es sich als hilfreich erwiesen, sie von Anfang an als Mitgestalter einzubeziehen. Hierfür ist es jedoch erforderlich, dass Entscheidungsträger die Mobilisierung der Mitarbeiter unterstützen. Dies stellt gerade dann einen wertvollen Schritt dar, wenn

Mitarbeiter partizipieren, die klassisch nicht in IT-Entscheidungen involviert sind.

Es bleibt eine Herausforderung, die aktive Rolle der Mitarbeiter bei der Erfassung strukturierter Informationen in den Unternehmen zu verstetigen. Die Aufbereitung von Handlungsempfehlungen für das Assistenzsystem ist aufwendig und erfordert neben fachlichem Know-how auch Abstraktionsvermögen und didaktisches Know-how. Unternehmen sollten „Kümmerer“ mit entsprechender Expertise identifizieren und qualifizieren sowie zeitliche Ressourcen zur Verfügung stellen.

Digitale Informationen stellen heute nicht nur eine Fertigungsressource dar, sondern ermöglichen unternehmensweit Prozessoptimierungen. Werden Assistenzsysteme von den Mitarbeitenden akzeptiert und tätigkeitsübergreifend genutzt, tragen sie zur schrittweisen Etablierung einer umfassenden betriebsspezifischen Informations- und Wissensbasis bei.

Quellen

[1] Schenk, M.; Berndt, D.: Zentrum für Kognitive Autonome Arbeitssysteme für den Anlagen- und Sondermaschinenbau, Magdeburg. *Industrie 4.0 Management* 32 (2016) 4, S. 62–62

[2] Hirsch-Kreinsen, H.: Arbeitswelt im Wandel. Vortrag gehalten auf der AFI-Tagung: Arbeit 4.0, Bozen, 16. Januar 2018. Internet: <http://afi-ipl.org/wp-content/uploads/Hartmut-Hirsch-Kreinsen-Arbeitswelt-im-Wandel.pdf>. Zugriff am 08.10.2018

[3] Baumfeld, L.; Hummelbrunner, R.; Lukesch, R.: *Instrumente systemischen Handelns*. Stuttgart: Rosenberg 2009

[4] Benyon, D.: *Designing Interactive Systems: A comprehensive Guide to HCI and interaction design*. Addison Wesley, 2nd edition, ISBN: 978-0321435330, 2010

[5] Haase, T.: *Industrie 4.0. Technologiebasierte Lern- und Assistenzsysteme in der Instandhaltung*. Bielefeld: Bertelsmann 2017

[6] Frieling, E.; Bernard, H.; Bigalk, D.; Müller, R. F.: *Lernen durch Arbeit. Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der Lernmöglichkeiten am Arbeitsplatz*. Münster München u. a. Internet: <http://www.worldcat.org/oclc/166033352>, Zugriff am 23.03.2017