

Anforderungen an die lernförderliche Gestaltung von Assistenzsystemen für die Instandhaltung – Beispiele aus der Stahl- und Prozessindustrie

Tina Haase, Dirk Berndt, Wilhelm Termath

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg

Instandhaltungstätigkeiten erfordern von den Fachkräften ein hohes Maß an Analyse- und Problemlösefähigkeit, um eine erfolgreiche Fehlerdiagnose und Fehlerbehebung durchzuführen zu können.

Aufgrund der Veränderungen der Arbeitssysteme, die sich durch die zunehmende Vernetzung und Digitalisierung ergeben, verändern und erweitern sich die Informationen, die für eine Fehlerdiagnose herangezogen werden. Die spezifischen Anlagenparameter werden ergänzt um Daten aus dem Condition Monitoring, die von den Maschinen und Anlagen in großen Mengen generiert werden. Damit entsteht die Gefahr der Überfrachtung der Fachkräfte mit Informationen, die nur schwer zu überschauen und auszuwerten sind und mögliche Lernprozesse behindern (Niegemann et al. 2008, S. 45 ff.).

Die Lösung dieses Problems liegt im Potential der Assistenzsysteme, die Fachkräfte durch die gezielte Bereitstellung didaktisch aufbereiteter Assistenzinformationen eine Entscheidungsgrundlage für die Diagnose und Behebung von Fehlern bieten und damit Lernprozesse fördern.

Die Qualität der Diagnoseleistungen bei Fehlern ist nicht einfach auf die Menge an Wissen zurückzuführen, sondern auf die Verfügbarkeit von zielrelevantem Wissen und die Fähigkeit, relevantes von irrelevantem Wissen zu trennen (Bergmann/Wiedemann, 1997). Die Erfahrung der Fachkraft begünstigt diese Fähigkeiten.

Assistenzsysteme sollen daher die Fachkraft beim Lern- bzw. Reflexionsprozess unterstützen und die Möglichkeit bieten, Erfahrungen vorangegangener Maßnahmen für die eigene Problemlösung zu nutzen. Dazu werden Assistenzsysteme entwickelt, die es der Arbeitsperson im Arbeitsprozess ermöglichen, Wissen abzurufen, zu reflektieren, zu dokumentieren und für Innovationsprozesse zu nutzen. Die aktuellen Forschungsarbeiten der Autoren untersuchen dazu die Gestaltung von Assistenzsystemen in den folgenden Dimensionen:

- *Entwicklung geeigneter Mensch-Maschine-Schnittstellen und Interaktionen, die in Abhängigkeit von den Anforderungen des Arbeitsplatzes und der Arbeitsaufgabe zu wählen sind. Es werden stationäre Installationen am Arbeitsplatz (Monitore) und verschiedene Smart Devices (Handy, Tablet, Datenbrille) auf Ihre Eignung hin untersucht.*

- *Die inhaltliche Gestaltung der Assistenzinformationen fokussiert neben dem faktischen Wissen auch auf die impliziten Wissensbestandteile, die für die erfolgreiche Bearbeitung der Arbeitsaufgabe erforderlich sind und bisher kaum dokumentiert sind. Für die Erhebung impliziten Wissens werden narrative Methoden, z. B. das Triadengespräch (Dick et. al 2016, S. 331-342), eingesetzt. Die technologische Aufbereitung dieses Wissens erfolgt unter Erhalt der narrativen Struktur durch interaktive 3D-Komponenten, mit denen die funktionalen Zusammenhänge nachvollziehbar gestaltet werden können.*
- *Um dieses Vorgehen für die Praxis nutzbar zu machen und Wissen und Informationen aktuell bereitzustellen, liegt ein Schwerpunkt der Forschungsarbeiten auf der Gestaltung von Interaktionsmechanismen, die es der Arbeitsperson erlauben, selbst neue Erkenntnisse und Erfahrungen in das System einzupflegen.*
- *Neben den technischen Voraussetzungen werden dafür auch die organisationalen Rahmenbedingungen betrachtet und im Rahmen von Organisationsentwicklungsmaßnahmen angepasst.*

Der vorliegende Beitrag beschreibt anhand von zwei Projektbeispielen aus der Stahl- und Prozessindustrie wie die lernförderliche Gestaltung von Assistenzsystemen in der Praxis umgesetzt werden kann.

1 Instandhaltung und die Bedarfe für die Gestaltung von Assistenzsystemen

In der DIN 31051:2003-06 (DIN 31051,2003) wird die Instandhaltung in vier Grundmaßnahmen unterteilt (siehe Abb. 1).

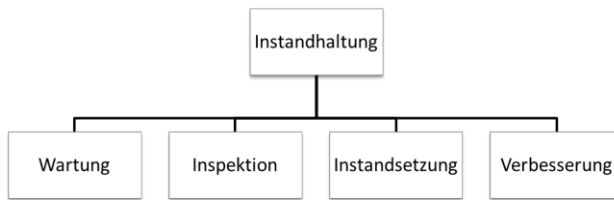


Abbildung 1: Grundmaßnahmen der Instandhaltung

In der DIN EN 13306:2010-12 (DIN 13306, 2001) ist Instandhaltung definiert als „Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Einheit, die dem Erhalt oder der Wiederherstellung ihres funktionsfähigen Zustands dient, sodass sie die geforderte Funktion erfüllen kann.“ In dieser DIN werden die Instandhaltungsarten in Abhängigkeit des Zeitpunktes und des Ortes der Durchführung kategorisiert. Unterschieden werden u.a.:

- Präventive Instandhaltung
- Vorausbestimmte Instandhaltung
- Zustandsorientierte Instandhaltung
- Korrektive Instandhaltung

Dabei werden grundsätzlich reaktive und präventive Instandhaltungsstrategien unterschieden. Die reaktive Instandhaltung setzt erst nach dem Ausfall einer Anlage oder Komponente bzw. nach Erreichen einer bestimmten Schadensgrenze ein. Sie wird also nach der Erkennung eines Fehlers durchgeführt, um die Einheit in einen funktionsfähigen Zustand zu bringen (Ryll und Freund 2010). Diese Strategie führt zu den höchsten Ausfallzeiten und sollte deshalb nur bei redundanten Systemen oder Anlagen mit einer nachrangigen Bedeutung eingesetzt werden (vgl. ebenda).

Bei den präventiven Strategien erfolgt die periodisch vorbeugende Instandhaltung unabhängig vom aktuellen Zustand einer Anlage nach festgelegten Nutzungsintervallen.

Bei der präventiv zustandsabhängigen und der präventiv vorausschauenden Instandhaltung wird die Instandhaltungsmaßnahme durch den jeweiligen Zustand der Anlage initiiert. Die Zustandsüberwachung kann z. B. durch eine Inspektion der Anlage von Fachkräften mit einer Erfassung, Bewertung und Dokumentation von Zustandsdaten erfolgen (vgl. ebenda). Diese manuellen Aufgaben werden jedoch zunehmend durch den Einsatz von Systemen des Condition Monitoring (CMS) reduziert, mit denen Messwerte zyklisch oder kontinuierlich erfasst, gespeichert, verdichtet, verknüpft und ggf. zusammen mit weiteren Zusatzinformationen ausgewertet werden (Hänsch und Endig 2010).

In der betrieblichen Praxis wird die Entscheidung für den Einsatz einer bestimmten Instandhaltungsstrategie in Abhängigkeit von den Spezifika der jeweiligen technischen Anlagen und der Instandhaltungspolitik getroffen. Insofern werden in der Regel mehrere Strategien eingesetzt, entsprechend z. B. der Komplexität der eingesetzten Anlagen.

Die schon seit vielen Jahren zunehmende Integration von Informations- und Kommunikationstechnologien in die Produktionsprozesse hat die Möglichkeiten der Betriebs- und Zustandsdatenerfassung erheblich erweitert. Die unter dem Stichwort Industrie 4.0 beschriebenen technischen Entwicklungen werden diese Potentiale absehbar weiter intensivieren (Windelband und Dworschak 2015).

Für die Fachkräfte in der Instandhaltung hat das zur Folge, dass die Bedeutung der präventiven Instandhaltung wächst und die Komplexität der störungsbedingten Instandhaltungsaufgaben zunehmen wird (Hirsch-Kreinsen 2014).

Von den Fachkräften wird in diesen komplexen Problemsituationen ein hohes Maß an Entscheidungsfähigkeit und Problemlösekompetenz gefordert. Es liegt nahe, sie durch adaptive Lern- und Assistenzsysteme zu unterstützen, die auf die Anlagendaten zugreifen können und mit den Smart Devices wie Tablets, Datenbrillen etc. auch eine Vielzahl technischer Lösungen bieten.

Die zentrale Kompetenz des Instandhaltungspersonals ist die Störungsdiagnosekompetenz. Bergmann und Wiedemann (Bergmann/Wiedemann, 1997) beschreiben die Störungsdiagnosekompetenz in der Instandhaltung flexibel automatisierter Produktionssysteme und haben dazu die Kompetenz erfahrener Instandhaltungspersonen und die Kompetenz Aus- und Fortzubildender analysiert, um daraus Rückschlüsse auf Trainingsmaßnahmen und informationstechnische Assistenzsysteme ziehen zu können. Für die Analyse wurden Störungen mit Problemcharakter herangezogen, die durch folgende Kriterien charakterisiert sind:

- Vielzahl möglicher Störungsursachen in technischen Systemen;
- Seltenheit der Störungen;
- Mehrdeutigkeit von Störungssymptomen;
- Symptome und Ursachen von Störungen sind teilweise nicht direkt wahrnehmbar, sondern müssen erschlossen werden;
- Störungen verändern sich über die Lebenszeit einer Anlage.

Die Bewertung der Störungsdiagnosekompetenz erfolgte anhand folgender Kriterien:

- Diagnoseerfolg;
- Diagnosezeit;
- Gesamtzahl der Prüfschritte;
- Anzahl der Prüfschritte im relevanten Bereich.

Diese Kriterien ermöglichen die Unterscheidung zwischen einer effizienten und einer ineffizienten Störungsbehebung. Die Ergebnisse von Bergmann und Wiedemann zeigen, dass die erfahrenen Instandhaltungspersonen durchweg bei allen Kriterien besser abschließen als die Aus- und Fortzubildenden.

Für die besseren Diagnoseleistungen wurde gezeigt, dass ihnen nicht ein größerer Umfang an Wissen zugrunde liegt, sondern dass es qualitativ anderes Wissen ist, z. B. hinsichtlich der Unterscheidung zwischen irrelevantem und relevantem, also zielführendem Wissen (Bergmann / Wiedemann 1997, S. 133).

Aus ihren Untersuchungen ziehen die folgende Schlussfolgerung: „Nicht das Aneignen einer überschaubaren Anzahl von Diagnosestrategien kann das Ziel sein, sondern eher die Befähigung zu diesem sehr flexiblen, stark rückkopplungsorientierten, viel und sich änderndes Detailwissen nutzendem Vorgehen, mit dem erfahrene Personen nicht immer optimal, aber doch oft erfolgreich die Diagnose neuartiger Störungen meistern.“

Im aktuellen Diskurs um die Auswirkungen der unter dem Stichwort „Industrie 4.0“ zusammengefassten technologischen Entwicklungen werden auch veränderte Anforderungen an die Fachkräfte in der Instandhaltung thematisiert (Windelband und Dworschak 2015). Die Autoren gehen davon aus, dass aufgrund der deutlich zunehmenden Komplexität technischer Systeme die „gezielte Aufbereitung der Daten und Informationen ... eine der Schwierigkeiten für die Zukunft“ (Windelband und Dworschak 2015, S. 80) sein wird. Sie verweisen bei der Konzipierung von Assistenzsystemen auf das Spannungsfeld zwischen der Weitergabe unmittelbar und genau zu befolgender Anweisungen und der Notwendigkeit, Handlungen hinterfragen und reflektieren zu können, um ein Lernen im Arbeitsprozess zu ermöglichen.

Für die Gestaltung von technologiebasierten Assistenzsystemen ziehen die Autoren dieses Beitrages daher u. a. die folgenden Schlüsse:

- Für die Behebung eines Fehles kann nicht von *einem* optimalen Problemlösepfad ausgegangen werden.
- Die Diagnose von Störungen kann aufgrund deren Vielfalt nicht immer durch ein Abrufen definierter Diagnoseprozesse erfolgen, sondern erfordert Problemlösekompetenz in verschiedenen Kontexten.
- Eine effiziente Diagnose basiert auf einem rückkopplungsintensiven Vorgehen.

Im vorliegenden Beitrag werden Assistenzlösungen vorgestellt, die für die Instandhaltung in der Prozessindustrie entwickelt werden und für den Einsatz in der Stahlindustrie derzeit in Planung sind.

Die beschriebenen Forschungsergebnisse zur Störungsdiagnosekompetenz werden berücksichtigt, indem z. B. die Anforderungen an die lernförderliche Gestaltung der Wissenspräsentation, der Interaktionsmöglichkeiten und der usability realisiert werden:

- Assistenzinformationen werden nicht instruktional vermittelt, sondern als Hinweise, die sich in der Vergangenheit bewährt haben und aus denen die Fachkraft eigene Rückschlüsse ziehen kann.
- Die Systeme ermöglichen Kommunikation und Reflexion.
- Die Fachkraft kann erforderliche Assistenzinhalte selbstgesteuert abrufen.
- Vorhandene Problemlösungen können jederzeit reflektiert und an neue Erfordernisse, Erkenntnisse und Entwicklungen angepasst werden.

2 Lernförderlichkeit als Anforderung an die Gestaltung von Assistenzsystemen

Die lern- bzw. kompetenzförderliche Gestaltung von Arbeitssystemen wird seit den 1980er Jahren insbesondere seit den Arbeiten zur „Humanisierung des Arbeitslebens – HdA“ in theoretischen Ansätzen, Methoden und Instrumenten erforscht. In einer aktuellen Veröffentlichung hat Thomas Mühlbradt diese Forschungsarbeiten zusammengefasst (Mühlbradt 2014).

Für die Bestimmung des Lerngehalts von Arbeit unterscheidet Mühlbradt zwei Ansatzpunkte: „Die Bestimmung des Lerngehaltes von Arbeitsaufgaben und die Anpassung von Arbeitsaufgaben an menschliche Lernvoraussetzungen“ (Mühlbradt 2014, S. 8). In einem umfangreichen Forschungsprojekt wurde von Ekkehart Frieling u. a. das „Lernförderlichkeitsinventar – LFI“ als ein Verfahren zur Erfassung und Bewertung von Lernmöglichkeiten am Arbeitsplatz entwickelt und erprobt, (Frieling et al. 2006). Im Ergebnis definiert die Forschungsgruppe sieben Dimensionen für eine lernförderliche Arbeitsgestaltung:

- Selbständigkeit,
- Partizipation,
- Variabilität,
- Komplexität,
- Kommunikation/Kooperation,
- Feedback,
- Information.

(Frieling et al. 2006, S. 229)

Die Anforderungen an eine lern- und kompetenzförderliche Arbeitsgestaltung werden von Wolfgang Kötter auf der Basis von Ergebnissen der Forschungsprojekte „stradewari – Rationalisierungsstrategien im demografischen Wandel“ (Hentrich und Latniak 2013) und „Partizipatives Vorgehen zur Bewertung und Gestaltung Integrierter Modernisierungskonzepte - PaGIMo“ (Zink et al. 2009) in einem Sammelband des RKW Kompetenzzentrums zur Fachkräftesicherung zusammengefasst (Kötter 2012).

Er unterscheidet zwischen Ressourcen und Ansatzpunkten für eine lernförderliche Arbeitsgestaltung.

Als bedeutsame Ressourcen bezeichnet er die Facharbeitskultur mit dem hohen Qualifikations- und Kompetenzniveau der Fachkräfte, das Erfahrungswissen und die Gruppen- bzw. Teamarbeit mit den besonderen Anforderungen an die Führungskräfte.

Für die Aufgabengestaltung als ersten wichtigen Ansatzpunkt verweist er auf den Stellenwert der Handlungs- und Entscheidungsspielräume, über die betriebliche Fachkräften entsprechend ihrer Kompetenzen, Fähigkeiten und Kenntnisse verfügen können. Die Beiträge der Arbeitsorganisation konkretisieren sich z. B. in der Bildung von Gruppen und Teams, die als Organisationseinheit Prozess- und Ergebnisqualität für eine definierte Gesamtaufgabe übernehmen können. Bei der Zusammensetzung der Teams verweist er auf die Notwendigkeit der sinnvollen „Mischung“ der Mitglieder, z. B. hinsichtlich des Qualifikationsniveaus, des Erfahrungshintergrunds, des Alters, Geschlechts und ggf. möglicher Einschränkungen der Einsatzfähigkeit.

3 Assistenzsysteme für die Prozessindustrie

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Forschungsprojektes „CPPSPProcessAssist – Assistenzsysteme für die Prozessindustrie auf Basis von cyber-physikalischen Produktionssystemen“ (FKZ: 02P14B084) werden Methoden und Systeme entwickelt, die es der Prozessindustrie ermöglichen, die Zeiten für die Instandhaltung deutlich zu reduzieren und damit eine höhere Auslastung der Anlagen und eine unmittelbar resultierende verbesserte Wirtschaftlichkeit zu erzielen. Dazu wird im Projekt ein Vorgehen entwickelt, das die zur Bereitstellung von Assistenzsystemen für die Instandhaltung von Bestandsanlagen erforderliche Zeit minimiert. Im Fokus der Assistenz-

funktionen stehen der in-situ-Dokumentenzugriff, und Unterstützung bei der Nachvollziehbarkeit und Rückverfolgbarkeit durchgeführter Instandhaltungstätigkeiten (Instandhaltungcompliance) sowie der Online-Zugriff auf Anlagenzustandsdaten.

Das Assistenzsystem wird in drei aufeinander aufbauenden Prototypen entwickelt. Im ersten Schritt wird der vor-Ort-Zugriff auf die Anlagendokumente umgesetzt. Dazu wird das Assistenzsystem mit dem PDM-System PRO-FILE der Firma ProCAD gekoppelt. Der zweite Prototyp adressiert die Compliance und umfasst Checklisten sowie Handlungsanweisungen und –empfehlungen, mit denen Vorgehensweisen zur Wartung und Störungsbehebung strukturiert werden können. Der Mitarbeiter hat jederzeit die Möglichkeit, anlagenbezogene Anmerkungen in Form von Annotationen als eigene Erkenntnisse neu einzufügen oder vorhandene Annotationen zu bearbeiten. Abschließend wird das Assistenzsystem an die (verschiedenen) Prozessleitsysteme (PLS) der Anwendungspartner angebunden. So können Fehlerinformationen direkt auf dem mobilen Endgerät angezeigt werden. Störungsmeldungen zeigen den vom PLS erkannten Fehler an, der einen Hinweis auf die Störungsursache gibt, diesem aber nicht entsprechen muss. Für eine eindeutige Identifikation der Ursache soll über das Assistenzsystem auf die Historie relevanter Sensordaten zugegriffen werden können.

Die Entwicklung des CPPSprocessAssist erfolgt nach dem Prinzip des szenariobasierten Designs (SBD) (Benyon, 2014).

Dazu werden zunächst sog. User-Stories erhoben, in denen die Anwender ihre aktuellen Ist-Prozesse beschreiben. Aus den verschiedenen Stories der Anwendungspartner werden die Gemeinsamkeiten ermittelt und verallgemeinerbare Konzeptszenarien abgeleitet. Diese sind Ausgangspunkt für die Beschreibung konkreter Szenarien, in die dann auch technologische Lösungen integriert werden. Sie dienen Entwicklern und Anwendern als Diskussionsgrundlage und zur Reflektion der Machbarkeit und Relevanz in der praktischen Anwendung. Das Ergebnis ist eine Auswahl von Szenarien, die dann in Prototypen überführt werden.

Im CPPSprocessAssist wurde das SBD angewendet, indem zunächst alle Projektpartner häufig auftretende Instandhaltungstätigkeiten als Prozesskette beschrieben haben. Um die Anzahl identischer User-Stories zu reduzieren wurden diese Prozessketten zusammengefasst. Für repräsentative Prozessketten wurde dann die Prozesskette mit der Turtle-Methodik (auch 8W-Methode) detailliert ausgearbeitet. Hierdurch liegen für jeden Prozessschritt wesentliche Ein- und Ausgangsbedingungen vor. Diese, im zweiten Schritt detaillierten Prozessketten, wurden dann als User-Stories im Sinne des SBD verwendet und zu abstrakten Szenarien, die sich als Vier-Phasen Modell beschreiben lassen, zusammengefasst (siehe Abbildung 2).

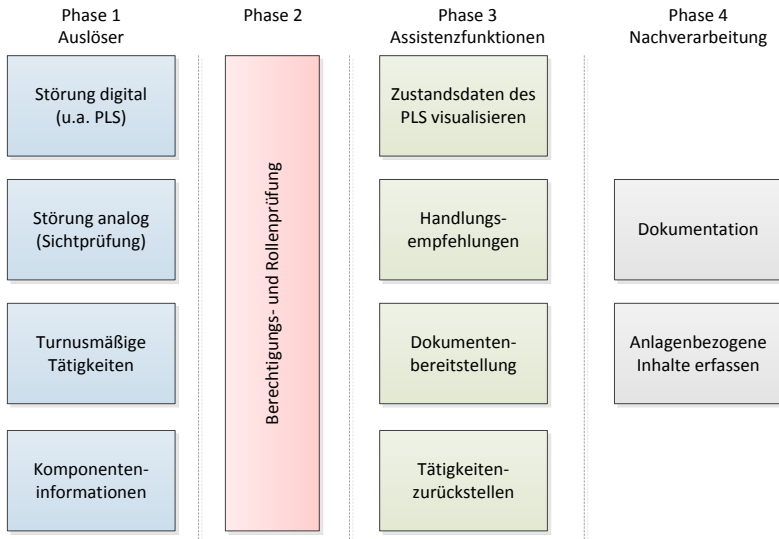


Abbildung 2: Vereinfachtes Phasenmodell als Teilergebnis des SBD

Die Gestaltung des Assistenzsystems erfolgt in starkem Maße nutzerzentriert (DIN, ENISO. 9241-210, 2010) und bindet die zukünftigen Anwender in den Entwicklungs- und Gestaltungsprozess ein. „Ein besonders wirksamer, in den meisten Unternehmen nur vereinzelt genutzter Ansatzpunkt zu einer nachhaltigen Förderung von Lernen und Kompetenzentwicklung im Arbeitsprozess ist die Nutzung der gesamten Palette von Beteiligungsfeldern und Beteiligungsinstrumenten.“ (Kötter, 2012)

Die Partizipation wird in CPPSPProcessAssist durch die folgenden Maßnahmen erzielt:

- Aktuelle Prozesse und Instandhaltungsabläufe werden mittels des SBD interdisziplinär von Entwicklern und Anwendern analysiert. Es werden unternehmensspezifische Bedarfe für die Assistenzfunktionalitäten abgeleitet.
- Bei der Entwicklung und Gestaltung des Assistenzsystems werden die zukünftigen Anwender mit ihren Erfahrungen einbezogen.
- Neben der Funktionalität werden die organisationalen Rahmenbedingungen berücksichtigt, unter denen das Assistenzsystem zur Anwendung kommen soll.
- Ängste und Vorbehalte werden ernst genommen und aufgelöst. Das Assistenzsystem wird als unterstützendes Werkzeug entwickelt, die das Instandhaltungspersonal bei der Entscheidungsfindung und Problemlösung unterstützen.

- Die Anwender werden in den Evaluationsprozess einbezogen, indem unternehmensspezifische Kriterien für den erfolgreichen Einsatz des Assistenzsystems erfragt und bei der Gestaltung des Evaluationsdesigns berücksichtigt werden. Die Evaluation lässt auch Raum für die Erfassung nicht vorhersehbarer Effekte des Assistenzsystems. Es werden daher sowohl quantitative als auch qualitative Methoden eingesetzt.

Die beschriebenen Maßnahmen sollen eine maximale Identifikation der Anwender mit der entwickelten Lösung und damit einen hohen Gebrauchswert erreichen.

4 Assistenzsysteme für die Stahlindustrie

Auch die Stahlindustrie sieht großes Potenzial in der zunehmenden Digitalisierung. Die Branche eignet sich besonders gut für die Umsetzung von Industrie 4.0, z.B. aufgrund komplexer Produktionsprozesse mit einer Vielzahl von Parametern und Variablen sowie langen Wertschöpfungsketten mit vielen Schnittstellen (Blessing 2015). In der Instandhaltung erwarten die Experten einen „Wandel von condition-based maintenance (Erfahrungswerte, Sichtkontrolle) hin zu predictive maintenance“ mit einer frühzeitigen Erkennung und Behebung von Schäden. (Naujok 2015)

Für eine erfolgreiche Neu- und Umgestaltung der Arbeitsprozesse im Rahmen der Veränderungsprozesse durch Industrie 4.0 sehen die Experten der Stahlindustrie die Partizipation der Mitarbeiter als einen entscheidenden Erfolgsfaktor. Nur so können mögliche Spannungsfelder (Blessing 2015) frühzeitig „entschärft“ werden:

- Big Data vs. der „gläserne“ Beschäftigte
- Entlastung von Routinetätigkeiten vs. Überwachung und Steuerung durch Assistenten
- Teleservice und vorausschauende Instandhaltung vs. totaler Entgrenzung und permanenter Überwachungstätigkeit
- Ergonomische Entlastung durch Roboter vs. reduzierte Arbeitsinhalte

Die Autoren dieses Beitrags sehen daher ein großes Potential in der Gestaltung von Assistenzlösungen für die Stahlindustrie. Im Folgenden werden daher erste Ansätze vorgestellt, wie solche Assistenzlösungen entwickelt und umgesetzt werden können.

Die Instandhaltungstätigkeiten in der Stahlindustrie sind durch komplexe Störungssituationen charakterisiert, in denen sowohl die aktuellen Zustandsdaten des Systems als auch interdisziplinäres Erfahrungswissen verfügbar sein müssen. Erforderlich ist ein ganzheitlicher Ansatz, erfahrungsbasiertes Wissen systematisch in die lern- und gesundheitsförderliche Gestaltung von Arbeitssystemen zu integrieren.

Assistenzsysteme bieten vor allem für sicherheitsrelevante Arbeitsplätze einen Mehrwert, indem sie es dem Instandhalter ermöglichen, das Expertenwissen unmittelbar in die Problemlösung einzubeziehen und auch einen Beitrag zur ergonomischen Gestaltung von Arbeitsprozessen zu ermöglichen.

Dazu werden an den beteiligten Arbeitsplätzen eine ganzheitliche Gefährdungsbeurteilung sowie eine kompetenzbezogene Anforderungsanalyse, z.B. anhand der Methode der Critical Incidents Technique (CIT) (Nerdinger et al. 2014; Rohrschneider et al. 2010) durchgeführt, um daraus die notwendigen Leistungsmerkmale für die Gestaltung der Assistenzsysteme und die damit verbundenen Prozesse der Qualifizierung und Organisationsentwicklung abzuleiten. Bei dieser Methode werden erfolgsrelevante „kritische“ Arbeitssituationen identifiziert. Die Verhaltensweisen besonders leistungsstarker und weniger leistungsstarker Mitarbeiter in diesen Situationen werden beobachtet und analysiert. Daraus werden anschließend konkrete Anforderungsmerkmale abgeleitet, die zu einem Anforderungsprofil zusammengefasst werden. Die Anforderungsprofile beschreiben konkret die für die Bewältigung der Aufgaben erforderlichen Kompetenzen.

Das in den Instandhaltungstätigkeiten ausgetauschte Erfahrungswissen wird erhoben, reflektiert und für die Nutzung im Assistenzsystem visuell aufbereitet. Die Aufbereitung soll durch Methoden der interaktiven Visualisierung unterstützt werden, weil diese das Inszenieren und Erlebarmachen situativer Kontexte ermöglicht. (Haase et.al 2015, Blümel et.al 2010) Die organisationalen und technologischen Konzeptionen der Assistenzsysteme werden zusammen mit exemplarischen Lösungen ergonomischer und lernförderlicher Arbeitsgestaltung erprobt und für die Nutzung in weiteren Branchen aufbereitet.

Die Bereitstellung der Assistenzinhalte erfolgt Arbeitsplatz- und Aufgaben-spezifisch auf ausgewählten Endgeräten. Abhängig von der Ergebnissen der Anforderungsanalyse und den Umgebungsbedingungen des Arbeitsplatzes kann das Assistenzsystem über fest installierte Monitorsysteme, über Tablet-PCs oder Wearables zum Einsatz kommen. Für hands-free-Tätigkeiten wird der Einsatz von Datenbrillen erprobt (Terhoeven et.al 2015). Dabei soll der Fokus nicht auf der Entwicklung dieser Technologien liegen, sondern auf der passfähigen Auswahl und Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle in Form geeigneter Interaktionstechniken. Gegenüber existierenden Lösungen liegt der Anspruch in der Gestaltung nutzeradaptiver Schnittstellen, die z. B. berücksichtigen, ob der Anwender visuelle oder akustische Einschränkungen hat und die Darstellung der Assistenzinhalte dahingehend adaptiert.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Instandhaltung bietet im Rahmen der Neu- und Umgestaltung von Arbeitssystemen infolge der zunehmenden Digitalisierung durch Industrie 4.0 ein großes Potenzial für den Einsatz von Assistenzsystemen. Fachinformationen und Expertenwissen können in der Problemsituation über mobile Endgeräte oder fest installierte Monitorsysteme, abhängig von Arbeitsaufgabe und –person, abgerufen werden und unterstützen den Mitarbeiter bei der schnellen und sicheren Problemlösung, mit dem Ziel die Instandhaltungs- und Stillstandzeiten zu minimieren. Darüber hinaus können die Assistenzsysteme genutzt werden, um neue Erfahrungen zu dokumentieren und gemeinsam mit den Kollegen zu reflektieren. So entsteht kein statischer Wissensschatz, sondern ein agiles System, das bewährte Expertise und neueste Erkenntnisse reflektiert, und das Innovationen innerhalb der Organisation ermöglicht (organisationales Lernen).

Die Akzeptanz und der Nutzen von Assistenzsystemen hängen in entscheidendem Maße von der Qualität der bereitgestellten Inhalte ab. Nicht die Masse an Informationen ist entscheidend, sondern ob es gelingt, das für einen bestimmten Anwendungszweck relevante Wissen kontextbezogen zur Verfügung zu stellen. Dazu ist die lernförderliche Gestaltung von Assistenzsystemen ein erster wichtiger Schritt.

Es ist außerdem entscheidend, die späteren Anwender und Beteiligten in die Gestaltung dieses Assistenzsystems zu involvieren, indem die vorhandenen Prozesse analysiert und Erwartungen an eine Assistenzlösung gemeinsam mit den Entwicklern formuliert werden.

Weitere Forschungsarbeiten der Autoren zielen auf eine zunehmend nutzeradaptive Gestaltung der Assistenzinhalte. Während die Inhalte bisher vor allem an den Aufgabenkontext angepasst werden, soll in Zukunft der Heterogenität der Anwender (Expertise, Alter, Kultur etc.) mehr Beachtung geschenkt werden. Das Vorwissen und die Erfahrung beeinflussen z. B. die Detailliertheit des dargebotenen Wissens. Individuelle physische und psychische Merkmale, z. B. Alter, Geschlecht, visuelle oder akustische Einschränkungen und Resilienz, beeinflussen maßgeblich die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle. Hat ein Anwender eine rot-grün-Schwäche, so muss diese bei der Darstellung der Assistenzinformationen berücksichtigt werden. Schließlich gibt es nutzerbezogene Merkmale, die situativ ausgeprägt sind. Das ist z. B. die aktuelle Leistungsfähigkeit der Arbeitsperson. Perspektivisch wird es möglich sein, die aktuelle Beanspruchung des Anwenders zu erfassen, Emotionen zu erkennen und daraus Rückschlüsse auf die Gestaltung von Assistenz zu schließen, indem z. B. die Menge an Assistenzinformationen angepasst wird.

Literatur

Benyon, D. 2014.

Designing interactive systems. A comprehensive guide to HCI, UX and interaction design. Johanneshov: MTM.

Bergmann, B.; Wiedemann, J., 1997.

Beschreibung der Störungsdiagnosekompetenz bei Instandhaltungstätigkeiten in der flexible automatisierten Fertigung. In: Karlheinz Sonntag und Niclas Schaper (Hg.): Störungsmanagement und Diagnosekompetenz: Leistungskritisches Denken und Handeln in komplexen technischen Systemen, Bd. 13. Zürich: vdf, Hochsch.-Verl. an der ETH (Mensch Technik Organisation - MTO, 13), S. 119–136.

Blessing, K., 2015.

Auf dem Weg zu Stahl 4.0. STAHL 2015. Stahlinstitut VDEh. Düsseldorf, 12.11.2015. Online verfügbar unter <http://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/2013/09/Vortrag-Naujok.pdf>, zuletzt geprüft am 26.06.2016.

Blümel, E.; Jenewein, K.; Schenk, M., 2010.

Virtuelle Realitäten als Lernräume: Zum Einsatz von VR-Technologien im beruflichen Lernen. In: *Lernen & lehren* 25 (97), S. 6–13.

Dick, M.; Marotzki, W.; Mieg, H. A. (Hg.), 2016.

Handbuch Professionsentwicklung. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt (UTB Erwachsenenbildung, 8622).

DIN E. N. 13306, 2001.

Begriffe der Instandhaltung. In: Berlin: Beuth.

DIN E. N. 31051, 2003.

Grundlagen der Instandhaltung. In: Berlin: Beuth.

DIN ENISO 9241-210, 2010.

Ergonomie der Mensch-System-Interaktion-Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme. *Berlin: Beuth*, 2010.

Frieling, E.; Bernard, H.; Bigalk, D.; Müller, R. F., 2006.

Lernen durch Arbeit. Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der Lernmöglichkeiten am Arbeitsplatz. Münster, München [u.a.]: Waxmann. Online verfügbar unter <http://www.worldcat.org/oclc/166033352>.

- Haase, T.; Termath, W.; Schumann, M. 2015.
Integrierte Lern- und Assistenzsysteme für die Produktion von morgen. In: Lehren und Lernen für die moderne Arbeitswelt. Berlin: Gito, S. 183–207.
- Hänsch, K.; Endig, M., 2010.
Informationsmanagement in der Instandhaltung. In: M. Schenk (Hg.): Instandhaltung technischer Systeme. Methoden und Werkzeuge zur Gewährleistung eines sicheren und wirtschaftlichen Anlagenbetriebes. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, S. 231–287.
- Hentrich, J.; Latniak, E. (Hg.), 2013.
Rationalisierungsstrategien im demografischen Wandel. Handlungsfelder, Leitbilder und Lernprozesse. 1. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler. Online verfügbar unter http://download.springer.com.spr-ebook-businessandconomics-einzeln.han.med.uni-magdeburg.de/static/pdf/130/bok%253A978-3-658-02569-4.pdf?auth66=1401373673_2c78fad10b9ed86a0697c2e4393437ea&ext=.pdf, zuletzt geprüft am 27.05.2014.
- Hirsch-Kreinsen, H., 2014.
Entwicklungsperspektiven von Produktionsarbeit. In: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin (BMWi - Publikationen), S. 37–42.
- Kötter, W., 2012.
Lern- und kompetenzförderliche Arbeitsgestaltung. Betriebliche Ansatzpunkte. In: W. Axel Zehrfeld (Hg.): Fachkräftesicherung. Situation - Handlungsfelder - Lösungen. Frankfurt, M.: Frankfurter Allg. Buch (Band ... der Reihe "Mittelstand im Fokus", 1), S. 183–198.
- Kötter, W.; Zink, K. J., 2009.
Partizipation. In: Klaus J. Zink, Wolfgang Kötter, Jörg Longmuß und Martin J. Thul (Hg.): Veränderungsprozesse erfolgreich gestalten (VDI-Buch) (German Edition). Dordrecht: Springer (VDI-Buch), S. 237–240.
- Mühlbradt, T., 2014.
Was macht Arbeit lernförderlich? Eine Bestandsaufnahme. 1. Aufl. Hg. v. Deutsche MTM-Vereinigung e.V. - MTM-Institut. Hamburg (MTM-Schriften Industrial Engineering, 1). Online verfügbar unter http://projekte.fir.de/elias/sites/projekte.fir.de/elias/files/textinkltre/muehlbradt_2014_was_macht_arbeit_lernfoerderlich_-_eine_bestandsaufnahme_20140910.pdf, zuletzt geprüft am 09.11.2014.
- Nakhosteen, C. B., 2009.
Technisches Erfahrungswissen in industriellen Produktionsprozessen. Aachen: Shaker.

Naujok, N., 2015.

Auf dem Weg zu Stahl 4.0. Industrie 4.0 in der Stahlindustrie: Status und Entwicklungsperspektiven. STAHL 2015. Stahlinstitut VDEH. Düsseldorf, 12.11.2015. Online verfügbar unter <http://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/2013/09/Vortrag-Naujok.pdf>, zuletzt geprüft am 26.06.2016.

Nerdinger, F. W.; Blickle, G.; Schaper, N. 2014.

Arbeits- und Organisationspsychologie. 3., vollst. überarb. Aufl. Berlin: Springer (Springer-Lehrbuch). Online verfügbar unter http://download.springer.com/static/pdf/980/bok%253A978-3-642-41130-4.pdf?auth66=1426595220_53f5f4a00bd7dc8d600c4a1595cf7303&ext=.pdf, zuletzt geprüft am 17.03.2015.

Niegemann, H. M.; Domagk, S.; Hessel, S.; Hein, A.; Hupfer, M.; Zobel, A., 2008

Kompendium multimediales Lernen. Berlin, Heidelberg: Springer (X.media.press).

Rohrschneider, U.; Friedrichs, S.; Lorenz, M., 2010.

Erfolgsfaktor Potentialanalyse. Aktuelles Praxiswissen zu Methoden und Umsetzung in der modernen Personalentwicklung. 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler Verlag / Springer Fachmedien GmbH. Online verfügbar unter http://download.springer.com/static/pdf/754/bok%253A978-3-8349-8900-0.pdf?auth66=1427386322_5e1b852ff194de5c7d69747968434657&ext=.pdf, zuletzt geprüft am 26.03.2015.

Ryll, F.; Freund, C., 2010.

Grundlagen der Instandhaltung. In: M. Schenk (Hg.): Instandhaltung technischer Systeme. Methoden und Werkzeuge zur Gewährleistung eines sicheren und wirtschaftlichen Anlagenbetriebes. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, S. 23–101.

Terhoeven, J.; Grauel, B.; Wille, M.; Wischniewski, S., 2015.

Head Mounted Displays als Arbeitshilfen der Zukunft: Gestaltung eines beanspruchsoptimalen Einsatzes. In: Schenk, M. (Hrsg.): Digitales Engineering zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme. 18. IFF-Wissenschaftstage. Magdeburg, 24. - 25. Juni 2015. Magdeburg: Fraunhofer IFF, S. 125-129.

Windelband, L.; Dworschak, B., 2015.

Arbeit und Kompetenzen in der Industrie 4.0. Anwendungsszenarien Instandhaltung und Leichtbaurobotik. In: Hartmut Hirsch-Kreinsen, Peter Ittermann und Jonathan Niehaus (Hg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos, S. 71–86.

Windelband, L.; Dworschak, B., 2015.

Arbeit und Kompetenzen in der Industrie 4.0. Anwendungsszenarien Instandhaltung und Leichtbaurobotik. In: Hartmut Hirsch-Kreinsen, Peter Ittermann und Jonathan Niehaus (Hg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos, S. 71–86.

Zink, K. J.; Kötter, W.; Longmuß, J.; Thul, M. J. (Hg.), 2009
Veränderungsprozesse erfolgreich gestalten (VDI-Buch) (German Edition). Dordrecht: Springer (VDI-Buch).