

## **Integrierte Lern- und Assistenzsysteme - Vorschlag für eine Systematik zur Technologieauswahl und -gestaltung**

Tina HAASE<sup>1</sup>, Alinde KELLER<sup>1</sup>, Justina RADDE<sup>2</sup>,  
Dirk BERNDT<sup>1</sup>, Helge FREDRICH<sup>2</sup>, Michael DICK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und –automatisierung IFF Magdeburg,  
Sandtorstrasse 22, D-39106 Magdeburg*

<sup>2</sup> *Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, Fakultät für Humanwissenschaften, Pro-  
fessur für Betriebspädagogik, Zschokkestr. 32, D-39104 Magdeburg*

**Kurzfassung:** In der produzierenden Industrie werden zunehmend Assistenzsysteme zur kognitiven Unterstützung direkt im Arbeitsprozess eingesetzt. Die Zahl der dafür genutzten Technologien steigt, auch durch die zunehmende Marktreife von Virtual und Augmented Reality-Lösungen. Bisher kaum vorhanden und entwickelt sind jedoch systematische Vorgehensweisen zur Auswahl und Gestaltung von Technologien. Die Autoren entwickeln in diesem Beitrag, basierend auf einem induktiven Vorgehen, eine Systematik, die die Verantwortlichen in den Unternehmen für relevante Auswahl- und Entscheidungskriterien sensibilisieren soll und damit eine Unterstützung bei einem systematischen, partizipativ gestalteten, Einführungsprozess bietet.

**Schlüsselwörter:** Assistenzsystem, VR, AR, arbeitsplatzintegriert, lerntheoretische Gestaltung

### **1. Herausforderungen bei der lernförderlichen Gestaltung von Assistenzsystemen**

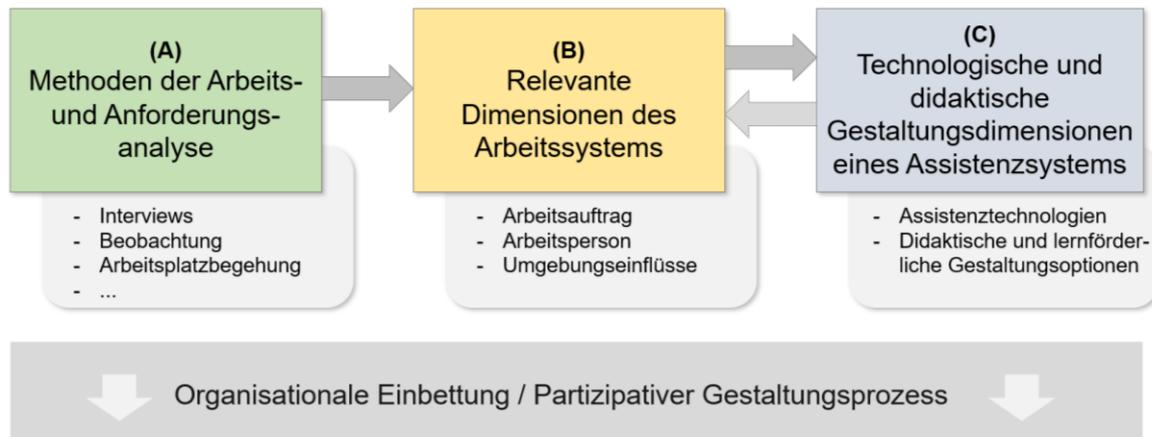
In den letzten Jahren ist eine Vielzahl an technischen Assistenzlösungen für den Einsatz in der Produktion entstanden. Die Erfahrungen in der Praxis zeigten jedoch auch, dass Technikgestaltung Lernprozesse einschränken oder sogar verhindern kann und damit potenziell auch zur Dequalifizierung führt. Der lernförderlichen Gestaltung (Frieling et al. 2006) von Assistenzsystemen kommt daher eine zunehmende Bedeutung zu. Eine steigende Variantenvielfalt, kürzere Innovationszyklen und heterogene Belegschaften erfordern zudem, dass das Lernen auch im Arbeitsprozess – möglichst individualisiert – erfolgen kann (Hirsch-Kreinsen 2019, BMBF 2016).

Welchen Einfluss das Kriterium der Lernförderlichkeit auf die Technologieauswahl und –gestaltung hat, ist unternehmens- und branchenspezifisch und nicht zuletzt vom adressierten Anwenderkreis abhängig.

Der Beitrag fokussiert kognitionsunterstützende Assistenzsysteme, die sich z. B. in „Hilfssysteme“, „Tutorielle Systeme“ und „Adaptive Assistenzsysteme“ unterteilen lassen (Apt et al. 2018, S. 8). Bei der Technologieauswahl und -gestaltung sind all jene Aspekte zu berücksichtigen, die Einfluss auf den Lernprozess nehmen. Die Autoren dieses Beitrags entwickeln eine Systematik, die diese Kriterien beinhaltet, und die den Verantwortlichen in der betrieblichen Praxis die Gestaltung und Einführung von Assistenzsystemen erleichtern soll. Sie soll insbesondere helfen, die Vielfalt an (kombinierbaren) Technologien und didaktischen Zielen zu überblicken und didaktisch wirksame, betriebsspezifische Lösungen zu finden.

## 2. Praxisbeispiele zur induktiven Herleitung von Gestaltungsdimensionen

Die Entwicklung einer Systematik erfordert auf der einen Seite die Betrachtung der relevanten Dimensionen des Arbeitssystems (B), die Einfluss auf die Gestaltung des Assistenzsystems nehmen (siehe dazu Beitrag B.16.1 in diesem Tagungsband). Diese werden durch Methoden der Arbeits- und Anforderungsanalyse (A) ermittelt. Auf der anderen Seite existieren eine Vielzahl technologischer und didaktischer Gestaltungsdimensionen (C), die sich z. B. in einer zunehmenden Anzahl von Assistenztechnologien zeigt.



**Abbildung 1:** Mehrstufiger Gestaltungsprozess lernförderlicher Assistenzsysteme

Ein lernförderliches Assistenzsystem erfordert die Passung der ermittelten Charakteristik des betrachteten Arbeitssystems und den Gestaltungsdimensionen des Assistenzsystems. In diesem Beitrag zeigen die Autoren die Zusammenhänge von (B) und (C) anhand von zwei heterogenen Projekten der Instandhaltung und Montage und nutzen ein induktives Vorgehen zur Ableitung einer Systematik für die technologischen und didaktischen Gestaltungsdimensionen.

Im Folgenden werden diese beiden Projekte mit ihren jeweiligen didaktischen und technologischen Gestaltungsentscheidungen vorgestellt.

### 2.1 Assistenzsystem für die Instandhaltung in der Prozessindustrie

Im Projekt CPPSProcessAssist wurde für vier KMU der Prozessindustrie ein modulares und mobiles Assistenzsystem zur Instandhaltungsunterstützung entwickelt. Wirtschaftliches Wachstum in der Prozessindustrie ist u. a. abhängig von der Vermeidung von Anlagenstillständen und der optimalen Auslastung von Anlagen. Dazu werden sehr erfahrene MitarbeiterInnen benötigt, die in der Lage sind, Fehlerursachen zu finden, Fehler zu beheben und die Prozesse so zu verbessern, dass Fehler zukünftig verhindert werden. Die Hauptziele des Assistenzsystems waren daher die Reduzierung von Stillstandzeiten, Verkürzung der Anlernzeiten und die Unterstützung des Erfahrungstransfers. Das resultierende System bildet die unternehmensübergreifenden Anforderungen von Instandhaltungsaufgaben in den Bereichen Chemie, Erdgasförderung, Energie und Raffinerie technisch ab und ist an vorhandene IT-Infrastrukturen anpassbar.

### *Didaktische Gestaltungsentscheidungen*

Bei den zu assistierenden Instandhaltungstätigkeiten handelte es sich durchgängig um Tätigkeiten mit einem wissensintensiven Charakter, die sich u. a. durch hohe Anforderungen an Problemlösekompetenz und Kreativität, z. B. bei der Analyse von Störungen, auszeichneten (vgl. Bergmann & Wiedemann 1997, Haase 2017). Alle Instandhalter übernahmen verschiedene Aufgaben (z. B. prüfen, warten, Fehler analysieren, dokumentieren ...). Dabei gestalteten und organisierten sie ihre Arbeit in hohem Maße selbst und übernahmen Eigenverantwortung. Letztere war gerade wegen des hohen Anteils sicherheitskritischer Tätigkeiten erforderlich. Als kognitives Lernziel für die Durchführung der Tätigkeit unter Einsatz des Assistenzsystems galt es daher, das informelle Lernen von erfahrenen MitarbeiterInnen on the job sowie die Lernmodi ‚Probleme lösen‘ und außerdem ‚kreatives Handeln‘ zu unterstützen. Die Charakteristik des Assistenzsystems sollte der Metapher eines ‚ständigen Begleiters‘ entsprechen. Eine weitere Zielgruppe waren Mitarbeitende, die zwar schon selbstständig arbeiten, die aber für einige Aufgabenfelder noch keine Experten sind und daher Inhalte des Assistenzsystems auch ‚near the job‘ nutzen.

Einige der didaktischen Gestaltungsentscheidungen veränderten sich im Verlauf des Projekts (Keller & Haase 2019). So bestand von Unternehmensseite am Anfang des Projekts die Erwartung, die Aufgaben der Instandhaltung in Form starrer Workflows als instruktionale Anweisungen abzubilden, um durch eine Vorgabe des Vorgehens durch das System Fehlverhalten zu unterbinden. Durch praktische Erfahrungen und eine Diskussion der Evaluationsergebnisse wurde allen Beteiligten jedoch deutlich, dass das Assistenzsystem eher eine Entscheidungshilfe für die Instandhalter ist und eine selbständige Festlegung von Vorgehensweisen unterstützen sollte. Als Gestaltungsentscheidung ergab sich daraus, dass das Assistenzsystem keine Handlungsanweisungen, sondern Handlungsempfehlungen, Vorschläge und Hinweise anbietet.

### *Technologische Gestaltungsentscheidungen*

Teilweise große Entfernungen sowie die Betreuung von Kundenanlagen erforderten eine mobile Lösung. Darüber hinaus sollten komplex assoziierte Informationen angezeigt werden (z. B. Verknüpfung von Fehlercodes mit Bauteil, aktuellen und historische Sensordaten, Wartungsdokumenten, Handlungsempfehlungen). Dafür war ein entsprechend großes Display notwendig. Darüber hinaus musste ein einfacher Wechsel zwischen den verschiedenen Assistenzfunktionen möglich sein, was die Eingabe über Touch nahelegt. Das favorisierte Endgerät ist daher bisher ein Tablet. Die Identifikation einzelner Komponenten einer Anlage und die eindeutige Zuordnung von Informationen wurde durch das Scannen neu an der Anlage angebrachter QR-Codes oder durch die Eingabe der eindeutigen Kennung eines Bauteils (BMK) und das Hinterlegen objekt-spezifischer Informationen, bspw. Daten aus dem Prozessleitsystem, realisiert. Die große Menge an verfügbaren Informationen macht zudem die Anwendung von Informationsfiltern erforderlich.

Die Produktionsumgebungen in der Prozessindustrie weisen unterschiedliche Bedingungen auf (z. B. Hitze, Gefahrenstoffe, Ex-Schutz), die vor allem bei der Auswahl der Hardware berücksichtigt werden mussten. Die webbasierte Darstellung des Assistenzsystems ermöglicht es, die Endgeräte variabel und entsprechend der unterschiedlichen Umweltfaktoren auszuwählen.

Die hohe Komplexität der verfahrenstechnischen Anlagen und der zugehörigen Arbeitsprozesse machte es oft schwer, Bauteile eindeutig zu lokalisieren. Die Mitarbeitenden wurden hierbei durch den Einsatz von interaktiven VR-Modellen unterstützt.

## *2.2 Assistenzsystem für die Montage in der Luftfahrtindustrie*

Im Rahmen des Forschungsprojektes DEPOT wurde ein digitales Montageassistenzsystem entwickelt. Zu Beginn des Projektes standen den MonteurlInnen Papieranleitungen in Form eines bebilderten Textdokumentes als Montageanleitung zur Verfügung. Diese sollten durch eine digitale Montageanleitung ersetzt werden, die vor allem die MonteurlInnen in der Anlernphase unterstützt (Haase et al. 2019).

### *Didaktische Gestaltungsentscheidungen*

Im Unterschied zu der in Kapitel 2.1 beschriebenen Instandhaltungsaufgabe ist der manuelle Montageprozess durch einen sehr strukturierten Prozess gekennzeichnet, der den MonteurlInnen vergleichsweise wenig Gestaltungsfreiraum bei der Aufgabebearbeitung bietet. Der Unterstützungsbedarf resultiert aus der erhöhten Variantenvielfalt der Produkte bei sinkenden Losgrößen. Neben den ständig wechselnden Montageaufgaben stellt sich für die Arbeitsvorbereitung die Frage, wie die Prozesse der Montage und der Dokumentation mit hoher Qualität und Effizienz bewältigt werden können. Während der Fokus auf der Unterstützung der Anlernphase lag, sollte die Assistenzlösung den erfahrenen MonteurlInnen Funktionen einer Prozessabsicherung bieten und sie bei der Dokumentation von Messdaten unterstützen. Dazu wurde ein digitales Assistenzsystem entwickelt, das MonteurlInnen mit unterschiedlicher Erfahrung und Qualifikation (nutzeradaptiv) auf Basis von Text, Bildern, Videos und Animationen bei der Ausführung der Montage unterstützt.

Die Anforderungen der verschiedenen Zielgruppen wurden im Rahmen von Workshops mit MitarbeiterInnen drei separater Zielgruppen (Arbeitsvorbereitung, Montage, Management) in einem partizipativen Vorgehen ermittelt.

### *Technologische Gestaltungsentscheidungen*

Auf der Basis einer Prozess-FMEA (Fehlereinflussanalyse) wurden Tätigkeiten identifiziert, die einen relevanten Assistenz- und Prüfbedarf aufweisen. Für diese Schritte wurden Technologien ausgewählt, mit denen den zuvor ermittelten Anforderungen der verschiedenen Zielgruppen begegnet werden kann. Für die kontextsensitive Bereitstellung der Assistenzinhalte wurden mehrere Technologien erprobt, wovon zwei hier vorgestellt werden sollen:

#### **1. Digitales Shadowboard**

Das digitale Shadowboard ermöglicht eine hochflexible Projektion von Ablageplätzen für Bauteile und Werkzeuge auf Grundlage digitaler Modelldaten des Produkts und der Betriebsmittel. Dazu wurde eine Verarbeitungskette konzipiert und an einem Experimentierarbeitsplatz erprobt. Das digitale Shadowboard kann mit Kamerasystemen ergänzt werden, die das Vorhandensein eines Bauteils/Werkzeugs an der projizierten Zielposition überprüfen.

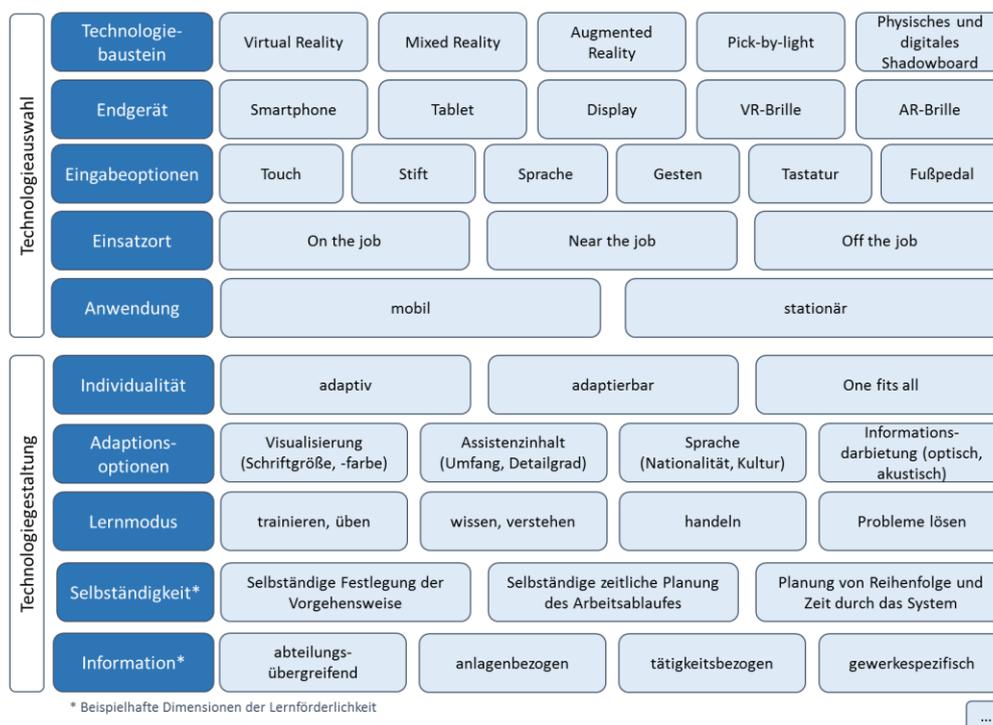
## 2. Physisches Shadowboard mit Sensornetzwerk

Das Konzept eines physischen Shadowboards sieht das Ausrüsten physisch fest definierter Ablageplätze mit Anwesenheitssensoren vor. Die Sensorsignale werden in einer intelligenten Hardware zur Sensordatenerfassung und -auswertung (Sensorbox) zusammengeführt. Die Ergebnisse der Sensordatenauswertung (bspw. Anwesenheit, Gewicht, Abstand) werden über ein IoT-Standardprotokoll an einen Server übertragen.

Die Verfügbarmachung der Technologien wurde so geplant, dass sie eine hohe Flexibilität bei der Anordnung ermöglichen und damit auf die individuellen Anforderungen der MonteurlInnen angepasst werden können. Da der Arbeitsplatz stationär ist, wurden für die Ausgabe arbeitsplatznahe Displays gewählt.

## 3. Ableitung technologischer und didaktischer Gestaltungsdimensionen

Aus den beschriebenen Projektbeispielen und den Erfahrungen, die die Autoren in weiteren Projekten zur Gestaltung von Assistenzsystemen gemacht haben, wurde die in Abb. 2 dargestellte Systematik technologischer und didaktischer Gestaltungsdimensionen abgeleitet.



**Abbildung 2:** Technologische und didaktische Gestaltungsdimensionen eines Assistenzsystems

Aufgrund sich ständig verändernder Technologien und sehr kurzer Innovationszyklen im Bereich der VR- und AR-Technologien kann diese Systematik keinen Anspruch auf Vollständigkeit haben und ist kontinuierlich mit dem Stand der Technik weiterzuentwickeln.

## 4. Zusammenfassung und Diskussion

Entscheidungen in der Technologieauswahl und -gestaltung eines Assistenzsystems sind bedingt durch die relevanten Dimensionen des Arbeitssystems, in dem das

System zum Einsatz kommen soll (vgl. Kapitel 2). Die Einführung der Technologie wiederum kann langfristig auch Dimensionen des Arbeitssystems verändern und bspw. die Lernförderlichkeit erhöhen.

Die Systematik verspricht keine automatisierten Gestaltungsvorschläge, sondern soll als Reflexionsinstrument eingesetzt werden. Ein partizipativer Einführungs- und Gestaltungsprozess, an dem viele Akteure mit unterschiedlichen Sichtweisen beteiligt sind, kann durch die Anwendung der Systematik vereinfacht werden. Zudem kann die geplante interaktive Visualisierung helfen, die komplexen Abhängigkeiten zwischen den Gestaltungskriterien verständlich zu machen. Auch können darin Erfahrungsgeschichten verankert werden, welche etwa mögliche Konsequenzen von Gestaltungsentscheidungen erlebbar und besser nachvollziehbar machen.

Die in diesem Beitrag vorgestellte Systematik wurde induktiv, d. h. auf Basis von praktischen Erfahrungen hergeleitet. In nächsten Schritten ist diese theoriegeleitet zu reflektieren. Weiterhin kann zukünftig untersucht werden, in welchen (Workshop-)Formaten die Systematik zum Einsatz kommen kann und inwiefern sie die Erarbeitung maßgeschneiderter, didaktisch wirksamer Lösungen in Multi-Stakeholder-Settings erleichtert.

## 5. Literatur

- Apt W, Schubert M, Wischmann S (2018) Digitale Assistenzsysteme. Perspektiven und Herausforderungen für den Einsatz in Industrie und Dienstleistungen. Berlin: Institut für Innovation und Technik (iit) in der VDI/VDE Innovation und Technik GmbH. Online: <https://www.iit-berlin.de/de/publikationen/digitale-assistenzsysteme/>
- Bergmann B, Wiedemann J, (1997) Beschreibung der Störungsdiagnosekompetenz bei Instandhaltungstätigkeiten in der flexiblen automatisierten Fertigung. In: Sonntag K, Schaper N (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.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2016) Zukunft der Arbeit. Innovationen für die Arbeit von morgen. Online: [https://www.bmbf.de/upload\\_filestore/pub/Zukunft\\_der\\_Arbeit.pdf](https://www.bmbf.de/upload_filestore/pub/Zukunft_der_Arbeit.pdf)
- Keller A, Haase T (2019) Kognitive Assistenzsysteme in der Prozessindustrie. Ergebnisse eines partizipativen Gestaltungsansatzes. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaften (Hrsg.): Arbeit interdisziplinär analysieren - bewerten - gestalten. Dortmund: GfA-Press.
- Haase T, Berndt D, Herrmann K (2019) Anforderungen an die lernförderliche Gestaltung arbeitsplatzintegrierter Assistenzsysteme. *lernen & lehren*, 35(19).
- Haase T (2017) Industrie 4.0: Technologiebasierte Lern- und Assistenzsysteme für die Instandhaltung (Vol. 46). wbv.
- Hirsch-Kreinsen H (2019) "Entwicklung und Gestaltung digitaler Arbeit", In: Becker M, Frenz M, Jenewein K (Eds.), Digitalisierung und Fachkräftesicherung: Herausforderung für die gewerblich-technischen Wissenschaften und ihre Didaktiken, Bertelsmann, Bielefeld, pp. 17–30.

**Danksagung:** Dieser Beitrag enthält Ergebnisse der Verbundvorhaben „CPPSProcessAssist - Assistenzsysteme für die Prozessindustrie auf Basis von cyber-physikalischen Produktionssystemen“ (FKZ 02P14B080 bis 02P14B087), gefördert innerhalb des Programms „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wurde sowie des Projekts „DEPOT-FhG - Digital vernetze Werkzeuge für eine effiziente und menschenzentrierte Flugzeugmontage“ (FKZ 20X1731E), gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi).